

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

Rozhovor s ing. Jaroslavem Šantrochem, CSc., náměstkem pro obor ochrana čistoty ovzduší v Českém hydrometeorologickém ústavu	97
<i>Ladislav Metelka</i> : Možnost zpřesnění odhadu průměrné denní teploty z klimatických měření	102
<i>Zdeněk Bauer</i> : Fenologické tendence složek jihomoravského lužního lesa na příkladu habrojilmové jaseniny (<i>Ulm-Fraxineta Carpini</i>) za období 1961–2000. Část II. Fenologie bylin a ptáků	113
<i>Martin Možný</i> : Monitoring zásoby využitelné vody v povrchové vrstvě půdy pod trávníkem.	118
Informace – Recenze	122

ROČNÍK 59 – 2006 – ČÍSLO 4

An interview with Ing. Jaroslav Šantroch, CSc., – Deputy Director with responsibility for Air Quality Control Division in the Czech Hydrometeorological Institute	97
<i>Ladislav Metelka</i> : The possibility of specification of daily mean air temperature estimate from climatic measurements	102
<i>Zdeněk Bauer</i> : The phenological trends of the components of flood plain forests of South Moravia in the case of Ulmi – Fraxineta Carpini in the period from 1961 to 2000. Part II. The phenology of herbs and birds	113
<i>Martin Možný</i> : Monitoring of usable water supply in the surface soil layer under the grassland	118
Information – Reviews	122

Abstracting and Indexing:

- Current Contents/Physical
- Chemical and Earth Sciences
- Cambridge Scientific Abstracts (CSA)
- Meteorological and Geostrophysical Abstracts
- Environmental Abstracts

Meteorologické Zprávy, odborný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, čistotu ovzduší a hydrologii. Dvoutměsíčník

Meteorological Bulletin, Journal specialized in meteorology, climatology, air quality and hydrology. Bi-monthly

Vedoucí redaktor – Chief Editor

L. Němec, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Redaktoři – Assistant Editors

Z. Horký, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

O. Šuvarinová, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

K. Krška, Český hydrometeorologický ústav, Brno, Česká republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

F. Neuwirth, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Austria

V. Pastířčák, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, Slovenská republika

D. Řezáčová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

J. Strachota, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

J. Sulan, Český hydrometeorologický ústav, Plzeň, Česká republika

F. Šopko, Český hydrometeorologický ústav, Česká republika

K. Vaníček, Český hydrometeorologický ústav, Hradec Králové, Česká republika

H. Vondráčková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Vydavatel (redakce) – Publishers

● Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, fax 244 032 721, e-mail: horky@chmi.cz. Sazba a tisk: Studio 3 P, spol. s r. o. Rozšiřuje a informace o předplatném podává a objednávky přijímá Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha-Komořany; Cena jednotlivého čísla 20,- Kč, roční předplatné 180,- Kč včetně poštovného. Reg. číslo MK ČR E 5107

● Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany, Phones: 244 032 722, 244 032 725, Fax: 244 032 721, e-mail: horky@chmi.cz. Printed in the Studio 3P, I.L.C. Orders and enquiries: Please contact Czech Hydrometeorological Institute, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic. Annual subscription: 42,- EUR (6 issues)

● ISSN 0026 – 1173

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

Meteorological Bulletin

ROČNÍK 59 (2006)

V PRAZE DNE 31. SRPNA 2006

ČÍSLO 4

ROZHOVOR S ING. JAROSLAVEM ŠANTROCHEM, CSc., NÁMĚSTKEM PRO OBOR OCHRANA ČISTOTY OVZDUŠÍ V ČESKÉM HYDROMETEOROLOGICKÉM ÚSTAVU

An interview with Ing. Jaroslav Šantroch, CSc., – Deputy Director with responsibility for Air Quality Control Division in the Czech Hydrometeorological Institute. The discipline of air quality control became an integral part of the Czech Hydrometeorological Institute's agenda in 1967. In the second half of the last century air pollution became a hard problem especially relating to the development of heavy and energy industries. For those reasons it was necessary to create an appropriate monitoring network with a special programme for air quality control. The network was gradually built up in the Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) and obtained monitoring data were used by the state administration for taking measures to gradual emissions and ambient air pollution reduction. Currently the National Ambient Air Pollution Monitoring Network operates 64 automated monitoring stations with real time data transmission measuring concentrations of sulphur dioxide, particulate matter PM₁₀, PM_{2,5}, nitrogen oxides, nitrogen dioxide, carbon monoxide, benzene and ozone. Concentrations of heavy metals – lead, cadmium, arsenic, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons are measured in a complementary manual network. On the basis of created databases on the state of air quality and on sources of its pollution CHMI is charged to manage Register of Emissions and Air Pollution Sources and Air Quality Information System. CHMI also serves as a centre for delineating areas and agglomerations with exceeded ambient air pollution limits under the EU acquis, as a certified calibration laboratory for ambient air pollution measurements and a reference centre for ambient air quality monitoring with a view to complying with the EU acquis and a reference centre for air pollution modelling and processing data on emissions and ambient air pollution levels to the requirements of the UNECE Secretariat and for the European Community. Currently CHMI is the implementing agency of two research projects for the Czech Republic – Reducing air pollutant emissions and Research into the formation of secondary particles from gaseous precursors and contribution to the total air pollution load. A team of CHMI, which is a member of the EEA's ETC/ACC consortium, contributed to the further development of air quality monitoring and assessment in Europe.

KLÍČOVÁ SLOVA: Český hydrometeorologický ústav – historie – ochrana čistoty ovzduší – mezinárodní spolupráce
KEY WORDS: Czech Hydrometeorological Institute – history – air quality control – international co-operation



1. **Pane náměstků, ve srovnání s tradičními obory meteorologie a hydrologie je obor ochrany čistoty ovzduší „mladíkem“, činnost ústavu o tento obor byla rozšířena v roce 1967. Jste považován za jednoho z „otců zakladatelů“ a jistě i proto můžete zprostředkovat, jak a s jakými představami jste tehdy začínali?**

Historie oboru ochrany čistoty ovzduší v Českém hydrometeorologickém ústavu je ve srovnání s tradičními obory meteorologie a hydrologie skutečně krátká, avšak kvůli problémům, které musely být řešeny ve státě s nejvyššími emisemi oxidu siřičitého (v sedmdesátých a osmdesátých letech) na obyvatel v Evropě, velice bohatá a zajímavá. Problematika ochrany čistoty ovzduší byla do činnosti Hydrometeorologického ústavu začleněna v r. 1967 po schválení zákona č. 35/1967 Sb. o opatřeních proti znečišťování ovzduší a s tím souvisejícím přechodem problematiky ochrany ovzduší do resortu minis-

terstva lesního a vodního hospodářství, kdy byla zřízena speciální složka ochrany čistoty ovzduší jako odborná základna objektivního sledování a hodnocení vývoje znečištění ovzduší pro potřeby ministerstev, národních výborů a investorů při rozvoji oblastí, asanaci území a ochraně prostředí. Její základ tvořili pracovníci, pod vedením dr. Bedřicha Böhma, kteří přišli z hygienické služby. V r. 1968 bylo z této složky, vybavené několika desítkami odborníků a potřebnou technikou, vytvořeno výzkumné a odborné pracoviště pod názvem Laboratoř ochrany ovzduší, která po federalizaci v r. 1969 byla přejmenována na Odborné středisko ochrany čistoty ovzduší, s detašovanými pracovišti na pobočkách HMÚ v Ústí nad Labem, Ostravě a Brně. Je až neuvěřitelné, že jsem začal pracovat v tomto převážně mladé a perspektivním kolektivu již před 37 lety, zpočátku v oddělení měření radioaktivity ovzduší a později v laboratořích zajišťujících monitorování kvality ovzduší. V roce 1970 byla činnost OSOČO rozšířena o výzkum a inventarizaci emisí u zdrojů znečišťování ovzduší. V rámci státního výzkumného úkolu Výzkum rozptylu škodlivin v atmosféře s ohledem na zajišťování čistoty ovzduší, řešeného v letech 1968–1970, byla vybudována první síť měřicích stanic oxidu siřičitého a polévatého prachu v Československu a byly vytvořeny předpoklady pro systematický výzkum znečišťování ovzduší na jeho území.

2. Asi je možné konstatovat, že problém znečišťování ovzduší si ve druhé polovině 20. století vynutil vznik specializovaného pracoviště v instituci zabývající se procesy v atmosféře a hydrosféře, tedy v ČHMÚ. Jaké byly úkoly tohoto pracoviště a jak se postupně rozšiřoval rozsah činnosti.

Již od počátku činnosti oboru ochrana čistoty ovzduší v HMÚ byla hlavní pozornost zaměřena na monitorování kvality ovzduší, protože pouze na základě naměřených dat a stanovení podmínek pro šíření a rozptyl škodlivin je možno realizovat na zdrojích technologická opatření vedoucí ke snížení emisí. Hlavním problémem kvality ovzduší v Československu a na většině území Evropy byly exhalace ze spalovacích procesů, proto byly jako základní škodliviny pro monitorování vybrány oxid siřičitý a prašný aerosol. Dále se měřily oxidy dusíku, oxid uhelnatý a některé další specifické škodliviny. Již na počátku sedmdesátých let pracovalo v sítích HMÚ více než sto stanic pravidelně měřících znečištění ovzduší, převážně diskontinuálními manuálními metodami. S rozvojem citlivosti analytických metod a jejich automatizací byly některé stanice později vybavovány automatickými analyzátory. Znalost kvality ovzduší v reálném čase se současnou prognózou meteorologické situace dávala předpoklad využití těchto dat pro regulaci zdrojů znečišťování ovzduší. První systém regulace velkých zdrojů znečišťování ovzduší, pracující na základě prognózy meteorologické situace a naměřených imisních dat, byl uveden do provozu v osmdesátých letech v Severočeském kraji a později na Ostravsku. V těchto letech byly skutečně při smogových epizodách prováděny zásahy do režimu provozu velkých zdrojů emisí a především elektráren v Severočeském kraji, včetně výměny nekvalitního, vysoce sirtatého paliva za uhlí kvalitnější, což byl komplikovaný a bohužel většinou dlouhodobější proces prakticky bez efektu na kvalitu vnějšího ovzduší.

Soustavné sledování kvality ovzduší v sítích stanic představuje obrovské množství získaných údajů. Kvalitativní změnou ve zpracování výsledků měření byla realizace Interního

informačního systému. Tento systém zahájil činnost v r. 1971 a jeho výsledkem bylo vytvoření banky dat na nových, i když z dnešního hlediska jednoduchých počítačích a vydávání tištěných ročenek čistoty ovzduší. Hydrometeorologický ústav již v sedmdesátých letech zpracovával výsledky měření všech organizací zajišťujících monitoring kvality ovzduší na území České republiky. Bohužel publikace těchto dat nebyla pro státní orgány žádoucí, proto ročenky Českého hydrometeorologického ústavu o kvalitě ovzduší měly označení „Pouze pro služební potřebu“.

Zavedení nové organizace ČHMÚ na počátku osmdesátých let znamenalo rozšíření činnosti v oboru ochrana čistoty ovzduší do různých útvarů ústavu. Kvůli tomu se omezila, a tím i zhoršila, spolupráce jednotlivých útvarů ochrany čistoty ovzduší, což se projevilo ve výrazném snížení odborné úrovně, především pak v kvalitě poskytovaných dat jak v oblasti monitorování, tak i v oblasti jejich zpracování a vyhodnocování.

Návrat k oborovému členění Českého hydrometeorologického ústavu, a s tím související vytvoření úseku ochrany čistoty ovzduší počátkem devadesátých let, posílil postavení ústavu v této oblasti tak, že v současnosti je ČHMÚ vedoucí institucí na úseku sledování a vyhodnocování kvality ovzduší v ČR.

3. Projevy a symptomy znečištění ovzduší byly jistě srovnatelné s dalšími zeměmi, u nás patrně vzhledem k zátěži těžkým průmyslem zejména v některých oblastech zřetelnější. Vycházeli jste při koncepcích systému měření, sledování a prognózy ze zahraničních zkušeností? Ptáme se, protože většina užívaných programů existuje více jak čtvrtstoletí v původním pojetí, pouze s aktuálními obsahovými modifikacemi. Uveďte např. Prognózní a signální systém ochrany ovzduší (PSS), Imisní informační systém (IIS), Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO) apod.

Souhlasím s Vámi, že hlavní směry aktivit byly již od počátku činnosti oboru ochrana ovzduší v ČHMÚ nastaveny dobře. Je to především zásluha kolektivu odborníků, kteří tyto programy připravovali a realizovali. Z velkého počtu odborníků bych rád zmínil alespoň dr. Bedřicha Böhma a dr. Milana Koldovského v oblasti meteorologických aspektů znečišťování ovzduší, dr. Jitku Hrdou v oblasti databází a informačních systémů a ing. Jiřího Kurfürsta v oblasti registru emisí a zdrojů. Ale i další, kteří postupně přicházeli, zajistili, že vybudovaný systém měl vysokou odbornou úroveň, a tím byl i snadno aplikovatelný při realizaci nové legislativy při přípravě vstupu ČR do EU. Přesto však Vámi zmiňované programy byly v posledních letech významně inovované. V r. 2004 byla dokončena inovace informačního systému ISKO2 a jeho přechod pod databázi ORACLE. Nový systém je realizován s ohledem na rychle vzrůstající požadavky na ukládání a zpracování naměřených údajů a metadat a je v něm řešeno i ukládání a zpracování operativních dat, které dříve bylo realizováno v oddělené databázi. Současně je zpracována a dále rozšiřována softwarová podpora, vyplývající z požadavků reportingu směrem k EU, výstupů pro státní správu a podkladů pro každoroční zpracování tabulárních sestav a ročenek ČHMÚ. Registr emisí a zdrojů byl postupně upraven tak, aby splňoval požadavky na zpracování pravidelné roční bilance emisí za ČR podle standardně používané metodiky EMEP/CORINAIR. Legislativně je nově zpracován ústřední, krajský a místní regulační řád,

s nezanedbatelnou rolí ČHMÚ, o zdrojích znečištění, kvalitě ovzduší a o stavu a předpovědi rozptylových podmínek. V souladu s požadavkem zpřístupňování aktuálních informací o úrovni znečištění ovzduší za účelem ochrany zdraví lidí byla upravena lokalizace monitorovacích stanic automatizované sítě a je zajištěno předávání dat v reálném čase o kvalitě ovzduší pro rozhlas, televizi, tisk, počítačové sítě a jiné hromadné sdělovací prostředky.

4. Jaké jsou hlavní úkoly úseku ochrany čistoty ovzduší v současnosti a jak je úsek personálně vybaven?

Základním úkolem Českého hydrometeorologického ústavu podle zřizovací listiny je vykonávat funkci ústředního státního ústavu pro obory čistota ovzduší, hydrologie, jakost vody, klimatologie a meteorologie, jako odborné služby poskytované přednostně pro státní správu. V úseku ochrany čistoty ovzduší ústav zabezpečuje získávání objektivních informací o dosavadním vývoji, současném stavu znečištění ovzduší a jeho prognóze pro potřebu státní správy, samosprávy, informování veřejnosti a poskytování informací zahraničním partnerům. Základní informační vstupy jsou zajišťovány provozováním monitoringu kvality ovzduší na území ČR a zajišťováním provozu informačního systému kvality ovzduší (ISKO), zahrnujícím kromě imisních dat i data o emisích a jejich zdrojích (REZZO). Zvláštní pozornost je věnována zajištění činností vyplývajících ze zákona č. 86/2002 Sb., v platném znění, o ochraně ovzduší, které jsou specifikovány ve zřizovací listině.

5. Jaké jsou hlavní výstupy a v jaké formě jsou poskytovány orgánům státní správy a veřejnosti?

Hlavními pravidelnými každoročními výstupy jsou souhrnný roční tabelární přehled Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika a grafická ročenka Znečištění ovzduší na území České republiky. Uvedené roční přehledy jsou určeny pro práci orgánů a organizací řešících problematiku životního prostředí a ochrany ovzduší v našem státě. Bezplatně jsou poskytovány orgánům státní správy v ochraně ovzduší (MŽP ČR, referátům životního prostředí krajských a městských úřadů a České inspekci životního prostředí, včetně oblastních inspektorátů). Pro potřeby MŽP jsou každoročně zpracovávány podklady pro vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší. Na základě emisní inventury a zpracovaných přehledů o kvalitě ovzduší je předáván příspěvek do zprávy MŽP Životní prostředí v České republice, která je každoročně předkládána vládě ČR. Každoročně jsou dále pro vládu připravovány zprávy o vyhodnocení imisního monitoringu a hodnocení provozu smogových regulačních systémů. Prezentace informací o kvalitě ovzduší je zajišťována na internetových stránkách ČHMÚ, teletextu České televize nebo na telefonní lince 14 110.

6. Podle pověření vyplývajících ze současné legislativy provozuje ČHMÚ státní imisní síť. Z jakých stanic tato síť sestává? Je rozmístění stanic reprezentativní a odpovídá jejich technické vybavení soudobým požadavkům?

V souladu se zákonem o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb., byl ČHMÚ pověřen monitorováním kvality ovzduší na území České republiky. Síť imisního monitoringu je základním

článkem sledování kvality ovzduší v ČR. Účelem takto pojaté státní imisní sítě je poskytování potřebných informací státním orgánům z hlediska území celého státu a pro plnění úkolů vyplývajících z nové státní legislativy v oblasti ochrany ovzduší, z příslušných směrnic EU a ze závazků plynoucích z mezinárodních dohod uzavřených Českou republikou. Tato síť byla v letech 2002–2004 renovována tak, aby vyhovovala požadavkům legislativy ČR a EU. Koncepční řešení této renovace navázalo na zkušenosti s provozem měřicí sítě automatizovaného imisního monitoringu vybudované začátkem devadesátých let. Z hodnocení zajištění monitorování kvality ovzduší podle požadavků příslušných směrnic EU vyplynulo, že hlavní pozornost bude zaměřena na zkvalitnění monitorování jemné frakce prашného aerosolu – PM_{10} , na prekursorů ozonu – těkavé organické látky (benzen) a oxidy dusíku, na těžké kovy a perzistentní organické látky. Zvláště bylo nutno zajistit zlepšení kvality monitorování prашného aerosolu, protože kvalita měření stávajícími přístroji nebyla vyhovující. V souladu s legislativními požadavky byla proto státní síť navržena tak, aby bylo zajištěno sledování úrovně znečištění ovzduší v aglomeracích Praha, Brno a Moravskoslezský kraj, ve všech 12 zónách (krajích) a dále ve všech městech s počtem obyvatel od ca 30 tisíc. Při stanovení počtu stanic v jednotlivých aglomeracích a zónách se dále přihlíželo k velikosti jejich emisního a imisního zatížení. Podle nařízení vlády 350/2002 Sb. je proto na území celého státu zajišťován provoz automatizované měřicí sítě pro kontinuální měření koncentrací znečišťujících látek v ovzduší, doplněné měřeními manuálními. V rámci této sítě jsou analyzátory měřeny v reálném čase s přenosem do vyhodnocovacího centra koncentrace oxidu siřičitého, suspendovaných částic PM_{10} , $PM_{2,5}$, oxidů dusíku, oxidu dusičitého, oxidu dusnatého, oxidu uhelnatého, benzenu a ozonu, v doplňkové manuální síti potom koncentrace těžkých kovů – olova, kadmia, arzeny a niklu a polycyklických aromatických uhlovodíků. V současnosti tvoří státní síť imisního monitoringu 64 základních automatizovaných stanic, kterou doplňuje 13 účelových automatizovaných stanic pro monitorování přízemního ozonu a 4 účelové automatizované stanice v dopravně exponovaných lokalitách. Dále je tato síť doplněna sítí manuálních monitorovacích stanic, určených především pro sledování těžkých kovů a polycyklických aromatických uhlovodíků, na kterých příslušné odběrové aparatury vyžadují lidskou obsluhu a odebrané vzorky je nutno následně vyhodnotit ve specializovaných chemických laboratořích ústavu.

7. V uplynulých letech byla s nemalými náklady zřízena Kalibrační laboratoř imisí s akreditací přidružené laboratoře Českého metrologického institutu. Můžete stručně charakterizovat náplň činnosti tohoto pracoviště a význam osvědčení o akreditaci pro imisní monitoring ČHMÚ?

Kalibrační laboratoř imisí je součástí sdružení akreditovaných referenčních laboratořích Metrochem, jako součást programu EUROMET, které metrologicky zastřešuje příslušná chemická referenční měření v České republice. V roce 2000 laboratoř získala osvědčení o akreditaci podle ČSN EN 45001 pro kalibraci pro měření oxidu siřičitého, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého a ozonu v ovzduší, které bylo v roce 2001 rozšířeno o měření benzenu, toluenu a xylynu (BTX) a v r. 2002 reaktivováno podle ČSN EN 17025. Kalibrační laboratoř imisí se jako přidružená laboratoř Českého metrologického insti-

tutu zúčastňuje Program rozvoje metrologie v ČR zajišťováním a udržováním provozu etalonu SRP č. 17 NIST (standardní referenční fotometr) pro kalibraci analyzátorů ozonu, který bude v tomto roce vyhlášen jako státní etalon. Kalibrační laboratoř imisí vykonává funkci regionálního kalibračního centra SMO/GAV a EMEP/EHK OSN pro střední a východní Evropu pro kalibraci analyzátorů ozonu. Základním úkolem kalibrační laboratoře je však zajištění kalibrací a návaznosti etalonů pro imisní monitoring provozovaný Českým hydrometeorologickým ústavem. Zajištění návaznosti kalibračních etalonů bylo základem pro přípravu udělení osvědčení o akreditaci pro laboratoře a monitorovací síť imisního monitoringu ČHMÚ podle ČSN EN 17025, které vydal v r. 2005 Český institut pro akreditaci. V současnosti zahrnuje všechny komponenty požadované legislativou ČR a EU. Uvedený systém v návaznosti na akreditovanou kalibrační laboratoř imisí splňuje přísná kritéria vyžadovaná směrnicemi EU, což bylo potvrzeno v rámci Asociace referenčních laboratoří pro kvalitu vnějšího ovzduší ES (AQUILA).

8. Úsek ochrany čistoty ovzduší řešil v minulosti řadu výzkumných úkolů. Můžete uvést hlavní výzkumné projekty a granty, na kterých se pracoviště nyní podílí? Od příštího roku bude ČHMÚ veřejnou výzkumnou institucí. Bude v souvislosti s touto orientací nutné změnit náplň činnosti?

Již od vzniku oboru ochrany čistoty ovzduší v Hydrometeorologickém ústavu jeho pracovníci zajišťovali řešení výzkumných úkolů z této oblasti. Jednalo se o státní úkoly z programu Ochrana a tvorba prostředí, ve kterých byly získávány a zpřesňovány první informace o zdrojích emisí a jejich šíření do okolí, byly vypracovány metodiky měření emisí a imisí, zpracován řád provozu měřicích sítí a byl připraven systém řízení emisí v případě kritického znečištění ovzduší. Od počátku devadesátých let se výzkumná činnost úseku zaměřila na řešení úkolů z programu vědy a výzkumu, které byly orientovány na podporu plnění úkolů státní správy v oblasti ochrany ovzduší. Významným výstupem bylo zpracování metodiky SYMOS'97 pro výpočet rozptylu znečišťujících látek v ovzduší pro bodové, plošné a mobilní zdroje znečišťování ovzduší, která byla legislativně potvrzena jako referenční metoda pro ČR. V oblasti monitorování byl v rámci výzkumného úkolu připraven projekt renovované imisní sítě, který byl úspěšně realizován v letech 2002–2004. V době přípravy vstupu České republiky do EU byly hledány způsoby aplikace legislativy EU do systému ochrany ovzduší v ČR. Jednalo se o nový systém inventarizace emisí, výzkum a vývoj nových měřicích metod pro hodnocení znečišťování ovzduší, zpracování systému integrovaného hodnocení a řízení kvality ovzduší v návaznosti na směrnice EU a vypracování informační podpory pro navrhování strategií řízení kvality ovzduší, včetně modelování účasti zdrojů na znečištění ovzduší v aglomeracích. V posledních letech jsou řešeny projekty týkající se výzkumu modelů šíření znečišťujících látek do ovzduší, omezování emisí znečišťujících látek do ovzduší, studia vzniku sekundárních částic z plynných prekurzorů a jejich podílu na celkové imisní zátěži a studia původu prašných částic v exponovaných oblastech pro programy zlepšování kvality ovzduší.

Přechod ČHMÚ na veřejnou výzkumnou instituci od počátku příštího roku je dán zákonem a v současnosti se připravuje jeho realizace. I když výzkumná činnost je důležitou

částí úkolů, které zajišťuje úsek ochrany čistoty ovzduší, hlavním úkolem úseku je zajistit získávání objektivních informací o dosavadním vývoji a současném stavu znečištění ovzduší a jeho prognóze pro potřeby státní správy, samosprávy, informování veřejnosti a poskytování informací zahraničním partnerům z EU a dalších zemí. Získávání a zpracování informací o kvalitě ovzduší představuje v současnosti 90 % činnosti úseku. Dlouhodobě řady získávání informací není možno drasticky omezit nebo přerušit pouhými administrativními zásahy, proto bude nutno urychleně vyřešit otázky financování další činnosti úseku v případě přechodu ústavu na veřejnou výzkumnou instituci.

9. Nutnost mezinárodní spolupráce je alfou a omegou v oblasti ochrany ovzduší a týká se jak oblasti monitorování (výměna naměřených dat), tak i účasti v mezinárodních programech. Můžete specifikovat nejvýznamnější aktivity a formy této spolupráce?

Transport znečištěného ovzduší nerespektuje hranice států, což je jeden z hlavních důvodů mezinárodní spolupráce v tomto oboru. Proto již v roce 1979 byla vyhlášena Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přecházejícím hranice států v Evropě, kterou Československo ratifikovalo v r. 1983. I když v osmdesátých letech byla Úmluva velice často využívána jako politický nástroj, je nepopiratelné, že splnila požadavky na zlepšení kvality ovzduší především významným snížením emisí síry jako hlavní komponenty acidifikace prostředí celé Evropy. Součástí Úmluvy je Kooperativní program pro monitorování a vyhodnocování dálkového šíření látek znečišťujících ovzduší v Evropě, na jehož plnění se již od jeho vyhlášení v r. 1984 významně podílí ČHMÚ. Představitel ČHMÚ je místopředsedou Řídícího výboru EMEP, observatoř Košetice pracuje jako jedna ze základních monitorovacích regionálních stanic EMEP s rozšířeným programem a ČHMÚ je odpovědný za zpracování a reporting emisních inventur. V rámci Světové meteorologické organizace se zajišťuje monitorovací program Globálního pozorování atmosféry (WMO/GAW). Se vstupem České republiky do EU se významně rozšířila spolupráce s Evropskou agenturou pro životní prostředí. Podle rozhodnutí Evropské komise jsou předávána data o kvalitě ovzduší do Evropského informačního systému AIRBASE. Připravuje se předávání dat v reálném čase z všech stanic imisního monitoringu do tohoto systému. Tým pracovníků ČHMÚ, který je členem konsorcia Evropského tematického střediska pro ovzduší a klimatickou změnu (ETC/ACC) Evropské agentury životního prostředí, zpracoval mapy imisního zatížení Evropy, zprávy o koncentracích přízemního ozonu v letních obdobích posledních let na území Evropy a zprávu o vývoji a testování interpolačních a asimilačních metod mapování znečištění ovzduší v evropském měřítku. Tento kolektiv je dále členem konsorcia 10 evropských institucí, které zvítězilo ve výběrovém řízení na pokračování činnosti ETC/ACC pro období 2007–2010. Pracovníci úseku se dále podílejí na řešení projektu GEMS (Globální a regionální systém monitoringu Země) a na projektu Interreg – TAQI (Zlepšování kvality ovzduší v nadnárodním měřítku).

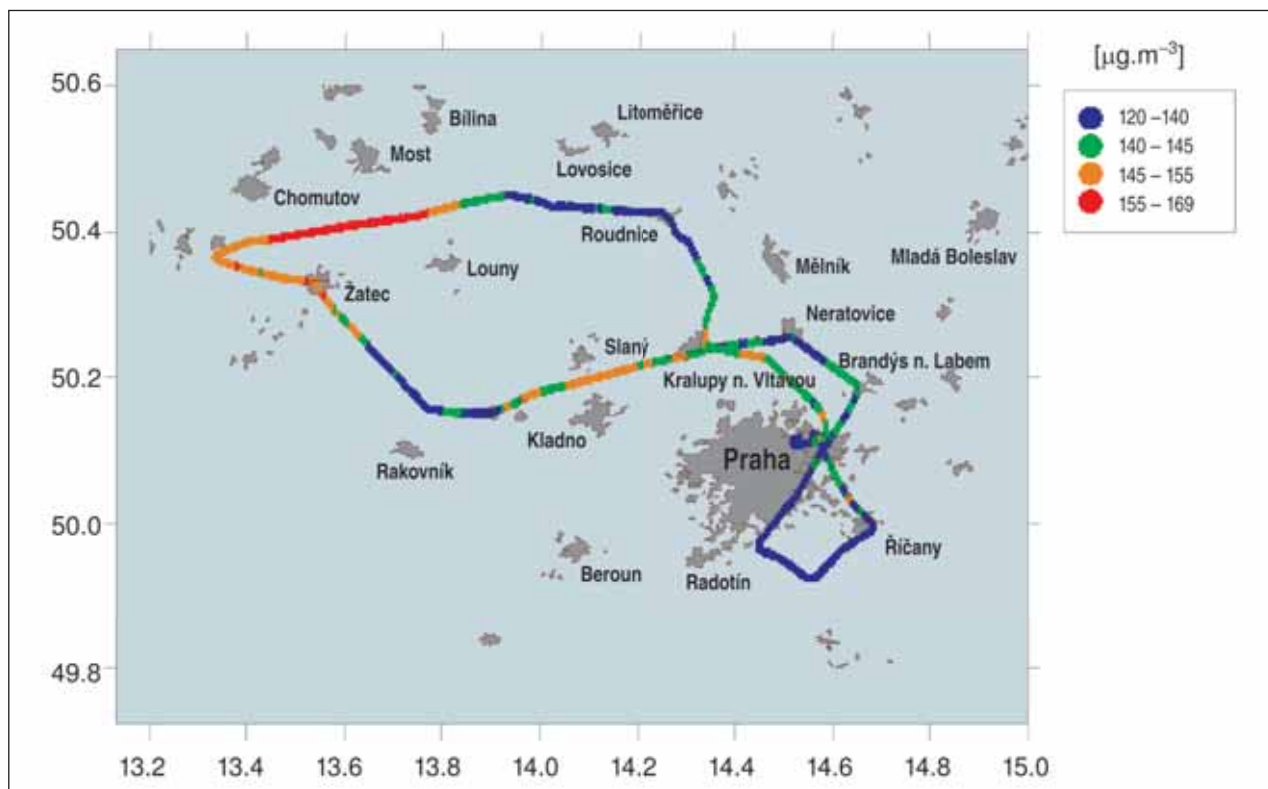
10. V článku nazvaném Odpady? Daleko horší je smog (Lidové noviny, 16. 3. 2006) uvedl Bedřich Moldan, že vláda by měla řešit nejen dovoz odpadů, ale také znečištění ovzduší, jež ohrožuje zdraví a životy. V článku se píše: „Podle odhadů EU působí škodliviny ve vzduchu

v Česku asi deset tisíc úmrtí ročně navíc. Dopad nedávného smogu přímo zhodnocen není, znamenalo by to dosti náročný výzkum, avšak podle analogií z jiných studií byl nepochybně významný.“ Pokud citovaná konstatace je relevantní, pak zpochybňuje úvahy jisté části odborníků o zřetelném zlepšování ovzduší v Česku. V jakém směru podle Vás dochází ke zlepšení, a kde naopak ke zhoršení? A jaké závěry vyvozujete pro další směřování ochrany čistoty ovzduší v ČHMÚ?

Profesor Moldan zmiňuje lednovou epizodu vysokých koncentrací prашného aerosolu, kdy na většině území České republiky, a především na Ostravsku, při několikadenní inverzní situaci překračovaly naměřené průměrné hodinové koncentrace prашných částic frakce PM₁₀ mnohonásobně imisní limit. Zpráva Evropské agentury pro životní prostředí ukazuje oblast Slezska (Ostravsko a oblast Katovic) jako jednu z nejvíce znečištěných ve střední a západní Evropě prашnými částicemi. Proto bude nutno v této oblasti urychleně realizovat opatření na snížení emisí prашných částic především z technologických procesů a spalování a zpracování uhlí. Jemné prашné částice v ovzduší se staly v posledních letech největším problémem znečišťování ovzduší v celé Evropě. I přes krátkodobé překračování imisních limitů prашných částic, které může mít vážné negativní důsledky na zdraví obyvatelstva, je nutno konstatovat významné zlepšení kvality ovzduší v ČR v posledních dvaceti letech. Díky technologickým opatřením, odsíření velkých elektráren a omezením výroby těžké-

ho průmyslu klesly emise oxidu siřičitého v České republice od roku 1990 o 88 %, podobně klesly emise tuhých částic o 87 %. Vysoké emise oxidu siřičitého měly za následek extrémní znečišťování ovzduší v ČR v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století. Nejvyšší průměrné denní koncentrace oxidu siřičitého na území Československa byly naměřeny při smogové situaci v lednu 1982, kdy přesahovaly na většině území Severočeského kraje hodnotu 3 000 µg/m³. Podobně dlouhodobě průměrné denní koncentrace prашného aerosolu v Severočeském a Severomoravském kraji v osmdesátých letech dosahovaly až 1 600 µg/m³. Pro srovnání při známé smogové epizodě v Londýně v prosinci 1952, kdy bylo jako důsledek extrémně znečištěného ovzduší prokázáno až 12 000 úmrtí, byly naměřeny koncentrace oxidu siřičitého kolem 3 500 µg/m³ a černých sazí až 4 500 µg/m³. V současnosti nepřekračují nejvyšší naměřené průměrné denní koncentrace oxidu siřičitého 150 µg/m³ a prашných částic hodnotu 300 µg/m³, s výjimkou při profesorem Moldanem zmiňované epizodě, kdy byly krátkodobě naměřeny průměrné hodinové koncentrace až 750 µg/m³. Můžeme konstatovat, že kvalita ovzduší v ČR v posledních letech se díky významnému snížení emisí stala srovnatelnou s vyspělými státy Evropy, se všemi problémy, které přináší zvyšování životní úrovně, a především obrovský nárůst automobilismu. Snížení emisí prашných částic z autodopravy je nejvážnější úkol ochrany ovzduší pro blízkou budoucnost.

Zdeněk Horký



Letová měření troposférického ozonu 1. 9. 2005 12:49:00–14:20:00 SEČ. Letová trasa: Kbely, Říčany, Dolní Břežany, Brandýs nad Labem, Neratovice, Kralupy nad Vltavou, Nové Strašecí, Zatec, ETU II, Roudnice, Kralupy nad Vltavou, Měšice, Brandýs nad Labem, Kbely. Výška letu 150–250 m nad terénem (AGL).

Aircraft measurements of troposphere ozone on 1 September 2005, 12:49:00–14:20:00 CET. The route of the flight: Kbely, Říčany, Dolní Břežany, Brandýs nad Labem, Neratovice, Kralupy nad Vltavou, Nové Strašecí, Zatec, Tusimice Power Station II, Roudnice nad Labem, Kralupy nad Vltavou, Měšice, Brandýs nad Labem, Kbely. Height 150–250 m above the terrain (AGL).

MOŽNOST ZPŘESNĚNÍ ODHADU PRŮMĚRNÉ DENNÍ TEPLoty Z KLIMATICKÝCH MĚŘENÍ

The possibility of specification of daily mean air temperature estimate from climatic measurements. According to the Czech methodology, daily mean temperature is calculated as the weighted average of the temperatures measured at 07, 14 and 21 hours of local mean solar time (weights 0.25, 0.25 and 0.5 respectively). This algorithm works quite well in days with typical daily temperature course (minimal temperature close to the sunrise, maximal in the afternoon) but it may fail in days with atypical temperature course, usually connected with front passage (the error may be up to several degrees Celsius). Moreover, the shape of daily temperature course is dependent on the season (namely on the time of sunrise and sunset) but the algorithm does not take it into account. For this reason, the algorithm does not need to be optimal during the whole year and it may suffer from systematical errors in some months, these systematical errors may be of the order of several tenths of degrees Celsius. The article is focused on the testing of new nonlinear algorithm which is based on perceptron neural network. In addition to the obvious predictors (air temperatures at 07, 14 and 21 hours of local mean solar time), the new algorithm uses two more predictors, namely sine and cosine of the position of the individual day within the year (this couple of predictors unambiguously and continuously describes the position of the day within the annual course). Daily means calculated from regular 15-min. temperature measurements were taken as the estimate of the "correct" value and were used as network predictand. Cross-validated network training (data from individual years were successively excluded from network training and were used for independent estimates of network performance) was combined with ensemble approach (repeated network training originating from randomly initiated networks and using different random divisions of the data to training and selection subsets) to estimate the network uncertainty and to eliminate the influence of random factors. Analysis of the errors of the new method indicates significant decrease of both systematical errors and of the maximal errors in the individual days. Moreover, the new method lends to better results (compared to the old one) in about 62% of days, in about 10% days the errors of both methods are the same and in 28% of days the new method is worse than the old one.

KLÍČOVÁ SLOVA: měření klimatická – teplota denní průměrná – metody výpočtu – sítě neuronové

KEY WORDS: climatic measurements – mean air temperature – calculation methods – neural networks

1. ÚVOD

Automatizace velké části meteorologických stanic ČHMÚ přinesla podstatné zvýšení množství naměřených teplotních údajů a měření v pravidelném časovém kroku 15 minut. To umožnilo, mimo jiné, i výrazně přesnější a reprezentativnější výpočty průměrné denní teploty vzduchu.

Budeme-li chápat skutečnou průměrnou denní teplotu vzduchu jako integrál všech okamžitých teplot přes interval od 0.00 do 24.00 hodin, je zřejmé, že při jakémkoli konkrétním časovém kroku měření se lze výpočtem k této skutečné hodnotě pouze přiblížit, ale nikdy ji nelze určit zcela přesně. Se zkracujícím se intervalem vzorkování by ale odhady průměrné denní teploty, vypočítané jako aritmetický průměr hodnot za dané období, měly ke skutečnému průměru konvergovat. Již dříve provedené studie (např. [1]) ukázaly, že rozdíly mezi průměrnými denními teplotami, počítanými z 15minutových měření, se již nijak výrazně neliší od průměrů z hodinových měření a jen v extrémních případech dosahují pro jednotlivé dny hodnot několika málo desetin stupně Celsia. Z toho lze usoudit, že průměrná denní teplota vzduchu, počítaná z 15minutových měření, se již jen velmi málo liší od skutečné hodnoty ve smyslu integrálu okamžitých teplot a lze ji tedy považovat za velmi dobrý odhad skutečné průměrné denní teploty.

Klasický klimatologický způsob výpočtu průměrné denní teploty vzduchu vychází ze tří měření denně, v 07, 14 a 21 hodin MSSČ (místní střední sluneční čas) a používá velice jednoduchý matematický aparát (vážený průměr s vahami 0.25, 0.25 a 0.5). Právě jednoduchost algoritmu byla klíčová v době, kdy se průměrné denní teploty vzduchu počítaly ručně nebo pomocí kalkulaček. I přes svou jednoduchost pracuje

tento algoritmus poměrně dobře v situacích s obvyklým charakterem denního chodu teploty. Na druhou stranu výpočet z pouhých tří termínových hodnot nemůže dát vždy záruku, že se vypočtená denní průměrná teplota nebude příliš lišit od skutečné a zejména v případech s atypickým denním chodem teploty klasický algoritmus občas selhává (viz např. [1]).

Z období manuálních klimatologických měření jsou v současné době k dispozici pochopitelně jen průměrné denní teploty vzduchu, počítané klasickou klimatologickou metodou. Navíc z důvodu metodické kontinuity a homogenity řad je tato metoda dosud používána i na datech z automatických klimatologických stanic. Nicméně na automatických stanicích již existuje i možnost přesnějších a reprezentativnějších výpočtů průměrné denní teploty s využitím všech 15minutových měření, provedených během dne. Je však zřejmé, že obě metody výpočtu nelze na sebe bezprostředně navázat, aniž by hrozilo vážné riziko narušení homogenity časové řady.

Jednou z možností, jak zachovat homogenitu řad, je pokračovat v klasickém způsobu výpočtu průměrných denních teplot i na automatických stanicích. To by ovšem znamenalo, že pro výpočet zdaleka nebudou využity všechny informace o vývoji teplot, které jsou ze stanice k dispozici a že průměrné denní teploty budou i nadále počítány pomocí jednoduchého, ale nikoli optimálního algoritmu. Druhou možností je naopak vývoj nové metody výpočtu průměrné denní teploty z termínových teplot v 07, 14 a 21 hodin tak, aby se minimalizovala jak její systematická chyba, tak i chyby, vyskytující se zejména ve dnech s atypickým denním chodem teplot. Technické řady průměrných denních teplot, vypočítané touto novou metodou, by pak měly mít podstatně lepší návaznost na průměrné teploty z 15minutových měření a měly by dát kva-

litnější a reprezentativnější odhad skutečné průměrné denní teploty ve smyslu integrálu okamžitých teplot.

Cílem studie bylo tedy porovnat průměrné denních teploty, počítané z klimatologických termínů 07, 14 a 21 hodin MSSČ s průměrnými denními teplotami, počítanými z 15minutových měření v SEČ (středoevropský čas) a otestovat možnost vývoje nové metody výpočtu průměrné denní teploty ze tří klimatologických termínových měření v 07, 14 a 21 hodin MSSČ.

2. DATA

Ve studii byly použity 15minutové teploty vzduchu, naměřené na třech automatických klimatologických stanicích pobočky Ostrava. Konkrétně to byly stanice Opava-Ůtice (49° 55' 12" N, 17° 52' 32" E, 270 m n. m.), Ostrava-Poruba (49° 49' 31" N, 18° 09' 32" E, 242 m n. m.) a Světlá Hora (50° 02' 00" N, 17° 24' 08" E, 602 m n. m.). Ze stanic Ostrava-Poruba a Světlá Hora byla k dispozici data za období 1. 1. 1998–31. 12. 2004, ze stanice Opava za období 1. 4. 1998–31. 12. 2004.

Termíny 15min. měření v SEČ se přesně nekryjí s klimatologickými termíny v MSSČ, bylo tedy nutné nejprve odhadnout teploty vzduchu v klimatologických termínech pomocí 15minutových měření. Vzhledem k poměrně vysoké hustotě 15minutových měření a většinou i velmi malým změnám teploty mezi sousedními termíny byla k výpočtu zvolena velice jednoduchá metoda – kubická interpolace vždy z nejbližších dvou 15minutových měření před daným klimatologickým termínem a dvou měření po daném klimatologickém termínu. Při interpolaci byl pro jednotlivé stanice brán v úvahu časový posun mezi SEČ a MSSČ v závislosti na zeměpisné délce stanic. Z takto odhadnutých teplot vzduchu v klimatologických termínech (T_{K07} , T_{K14} , T_{K21}) byly pak vypočítány „klimatologické“ průměrné denní teploty vzduchu (TP_{KL}) podle klasického vzorce

$$TP_{KL} = 0,25 \cdot T_{K07} + 0,25 \cdot T_{K14} + 0,5 \cdot T_{K21}$$

Průměrná denní teplota z 15minutových měření (TP_{15}) byla vypočítána jako centrovaný aritmetický průměr všech hodnot pro daný den s tím, že hodnoty v 00 a ve 24 hodin

Tab. 1 Diference mezi „klimatologickou“ průměrnou denní teplotou (TP_{KL}) a průměrnou denní teplotou počítanou z 15minutových měření (TP_{15}) a statistická významnost diferencí.

Table 1. Differences between „climatological“ daily mean temperature (TP_{KL}) and daily mean temperature calculated from 15-min. measurements (TP_{15}) and statistical significance of the differences.

	OPAVA	10%	5%	2%	1%	PORUBA	10%	5%	2%	1%	SV. HORA	10%	5%	2%	1%
I.	+0,17	+	+	+	+	+0,09	+	+	-	-	+0,02	-	-	-	-
II.	-0,03	-	-	-	-	+0,02	-	-	-	-	-0,07	-	-	-	-
III.	-0,14	+	+	+	-	-0,01	-	-	-	-	-0,13	+	+	+	-
IV.	-0,02	-	-	-	-	+0,11	+	+	-	-	-0,12	+	+	-	-
V.	+0,12	+	+	-	-	+0,16	+	+	+	+	-0,03	-	-	-	-
VI.	+0,10	+	-	-	-	+0,13	+	+	+	+	+0,06	-	-	-	-
VII.	-0,05	-	-	-	-	+0,08	+	+	-	-	-0,07	-	-	-	-
VIII.	-0,21	+	+	+	+	-0,12	+	+	+	+	-0,30	+	+	+	+
IX.	-0,15	+	+	+	+	-0,16	+	+	+	+	-0,34	+	+	+	+
X.	-0,12	+	+	-	-	-0,08	+	-	-	-	-0,09	+	-	-	-
XI.	-0,02	-	-	-	-	+0,00	-	-	-	-	-0,01	-	-	-	-
XII.	+0,00	-	-	-	-	+0,03	-	-	-	-	+0,04	-	-	-	-

měly ve výpočtu poloviční váhu ve srovnání se všemi ostatními termíny, tedy

$$TP_{15} = \frac{T_{00:00} + T_{24:00}}{192} + \sum_{t=00:15}^{t=23:45} \frac{T_t}{96}$$

3. POROVNÁNÍ OBOU METOD VÝPOČTU PRŮMĚRNÉ DENNÍ TEPLoty

Již základní porovnání průměrných diferencí mezi denními průměry TP_{15} a TP_{KL} po jednotlivých měsících ukazuje, že zejména v některých obdobích roku jsou mezi výsledky výpočtu systematické rozdíly i několik desetin °C. Navíc, jak ukazuje tabulka 1, v řadě případů jsou tyto rozdíly statisticky významně rozdílné od nuly. Z tabulky je vidět, že rozdíly kolem 0,1 °C jsou již zpravidla významné na 5% hladině významnosti, rozdíly kolem 0,15 °C pak i na 1% hladině významnosti. Vyskytly se však i systematické rozdíly přes 0,3 °C (stanice Světlá Hora). Velké a statisticky významné rozdíly při výpočtu oběma metodami jsou na všech stanicích zejména v srpnu a září, v Opavě rovněž v lednu a v Ostravě-Porubě v období květen-červen. Tyto výsledky jsou navíc v dobré shodě s [1].

Vzhledem k tomu, že průměrnou teplotu TP_{15} lze považovat za přesnější a reprezentativnější, než TP_{KL} , je nutné konstatovat, že klasický klimatologický výpočet průměrné denní teploty z termínů 07, 14 a 21 hodin MSSČ vede v některých fázích roku k systematickým chybám odhadu průměrných teplot, a to až o několik desetin °C.

Maximální kladné a záporné diference mezi TP_{KL} a TP_{15} pro jednotlivé stanice za celé zpracované období jsou uvedeny v tabulce 2.

Z tabulky je zřejmé, že většina případů spadá do zimní části roku a dokonce největší záporné rozdíly $TP_{KL} - TP_{15}$ byly na všech stanicích zaznamenány ve stejný den, a to 23. 12. 2001.

Tyto případy byly analyzovány podrobněji a odpovídající denní průběhy teplot podle 15minutových měření byly vyneseny do grafů na obr.1 (pro maximální kladné diference na stanici Poruba je znázorněna pouze situace z 23. 12. 1999).

Případy s maximálními kladnými nebo zápornými diferencemi $TP_{KL} - TP_{15}$ mají tedy společnou především výraznou změnu teploty během dne, přičemž průběh teplot se výrazně odlišuje od „klasické“ představy běžného denního chodu s maximem po poledni a minimem kolem východu Slunce. Atypický průběh teploty v kombinaci s relativně vysokou vahou termínu 21 hodin při výpočtu průměru klimatologickou metodou pak vede i k výraznému přecenění nebo podce-

Tab. 2 Maximální kladné a záporné difference mezi teplotami TP_{KL} a TP_{15} , datum jejich výskytu a příslušné hodnoty TP_{KL} a TP_{15} .

Table 2. Maximal positive and negative differences between temperatures TP_{KL} and TP_{15} , date of occurrence and corresponding temperatures TP_{KL} and TP_{15} .

	OPAVA	PORUBA	SV. HORA
MAXIMUM	+3,2 °C	+2,6 °C	+3,8 °C
DEN	1. 1. 2003	23. 12. 1999	23. 11. 1998
$TP_{KL} TP_{15}$	-9,8 -13,0	-5,3 -7,9	-4,5 -8,3
MINIMUM	-3,6 °C	-3,2 °C	-4,1 °C
DEN	23. 12. 2001	23. 12. 2001	23. 12. 2001
$TP_{KL} TP_{15}$	-10,0 -6,4	-9,3 -6,1	-13,2 -9,1

nění průměrné denní teploty. To je patrné zejména v situacích, kdy se teplota vzduchu ve 21 hodin výrazněji liší od převládající teploty během dne. Právě v takových situacích klasický algoritmus výpočtu často (a někdy i výrazně) selhává.

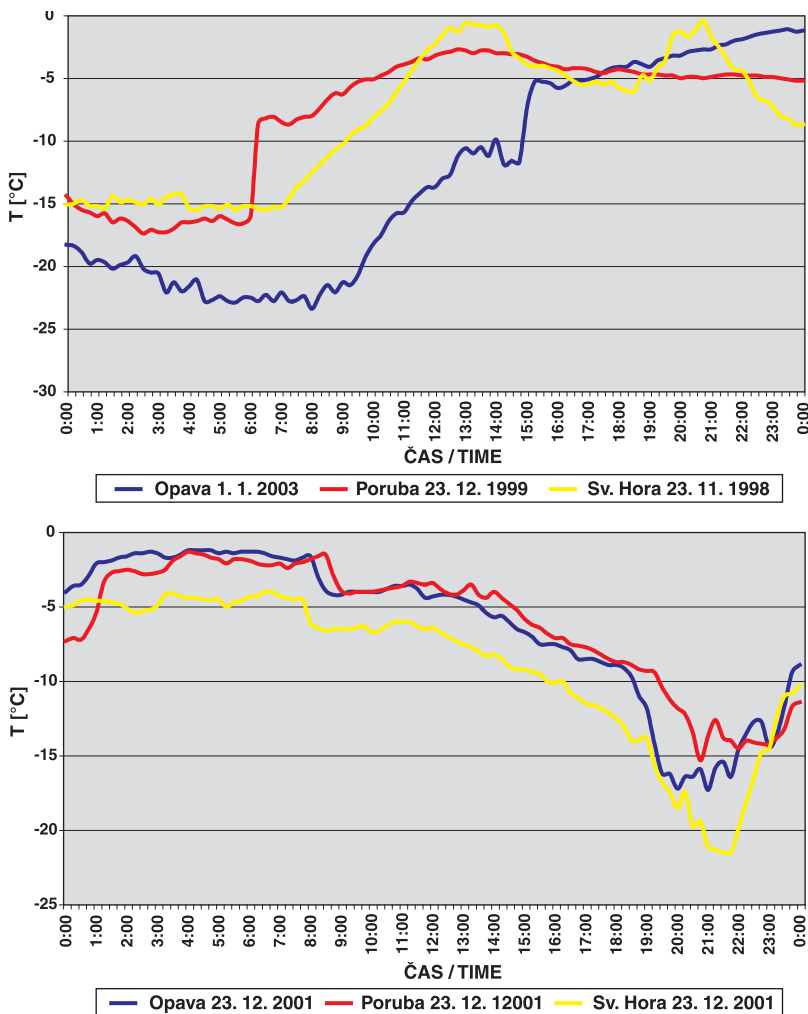
Zajímavé informace o vztahu okamžité teploty vzduchu k průměrné denní teplotě daného dne poskytuje analýza jejich korelačních vazeb. Po jednotlivých měsících byly pro

všechny 15minutové termíny vypočteny korelační koeficienty mezi okamžitou teplotou vzduchu v daném termínu a průměrnou denní teplotou vzduchu (TP_{15} nebo TP_{KL}) daného dne. Výsledky jsou graficky znázorněny na obr. 2 (v levém sloupci jsou korelace s TP_{15} , v pravém sloupci pro porovnání korelace s TP_{KL}).

Je patrné, že korelační struktura má výrazný denní i roční chod, daný především polohou Slunce na obloze. Korelace jsou koncem podzimu a v zimě výrazně vyšší než v létě. To zřejmě souvisí s tím, že v létě se více projevují procesy, které se krátkodobě mohou projevit na okamžitých teplotách (např. závislost teploty vzduchu na oblačnosti nebo výraznější ochlazení při a po srážkách vlivem intenzivnějšího výparu), ale pro svou krátkodobost příliš neovlivní denní průměrnou teplotu. Letní teploty tedy obsahují (ve srovnání se zimou) více složek variability, nekorelovaných nebo jen slabě korelovaných s denním průměrem. Z hlediska denního chodu jsou hlavně v letním období evidentní poměrně vysoké korelace ca 2 hodiny po východu Slunce a kolem západu Slunce. Relativní snížení korelací během dne v létě může být opět způsobeno větším zastoupením vysokofrekvenčních složek variability, slabě korelovaných s denním průměrem. Zajímavé jsou však poměrně nízké korelace v létě v noci před východem Slunce. Jedno z možných vysvětlení spočívá v tom, že noční teploty až zhruba do východu Slunce jsou znatelně ovlivněny ještě teplotními podmínkami minulého dne a výrazně méně celkovým teplotním charakterem dne začínajícího. To je ostatně vidět i na tom, že korelace v období mezi západem Slunce a půlnocí jsou výrazně vyšší než pro období mezi půlnocí a východem Slunce.

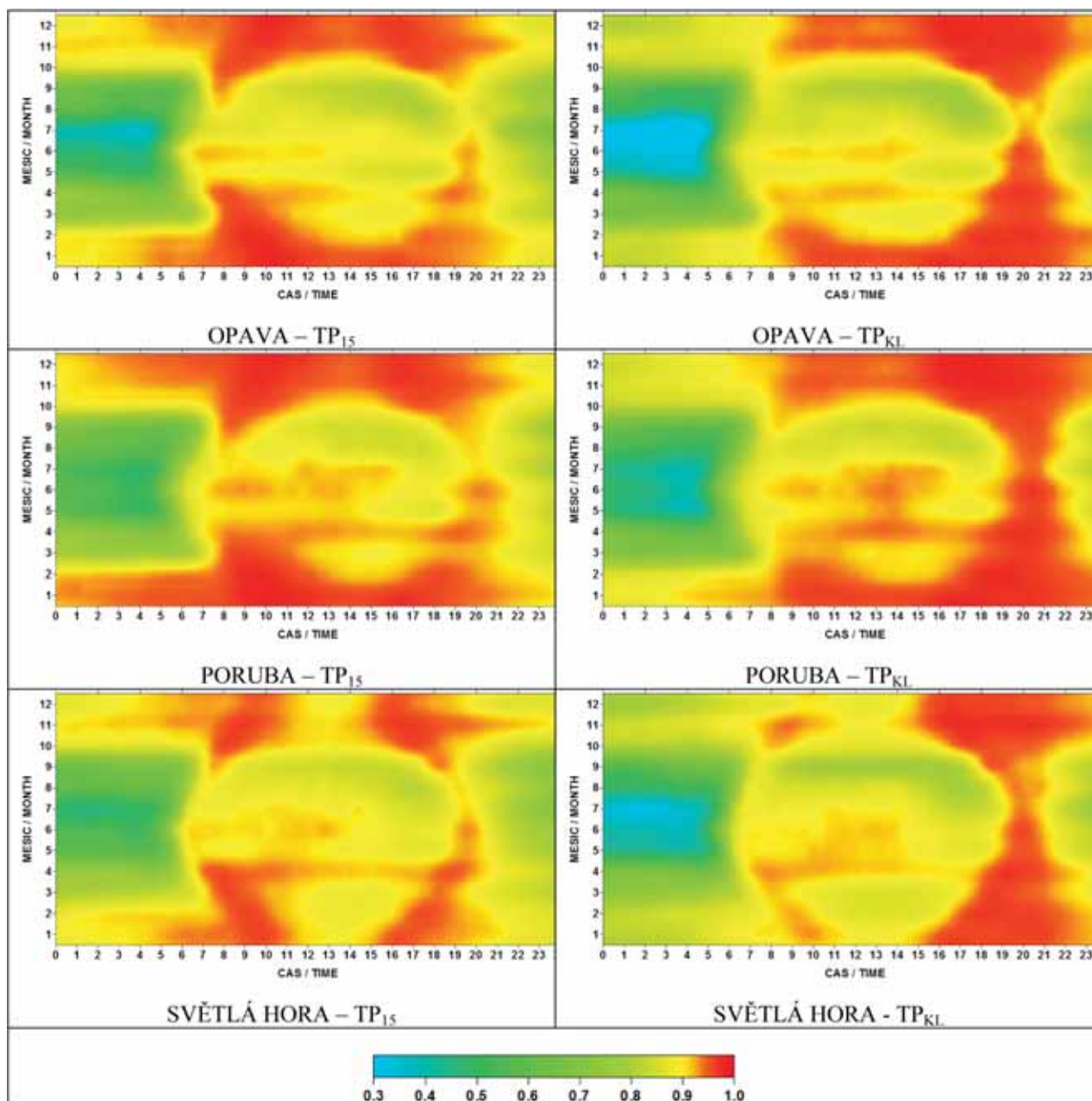
Oproti „reálné“ struktuře korelačních vazeb (vyjádřené korelacemi s TP_{15} , levý sloupec v obr. 2) jsou korelace s TP_{KL} (pravý sloupec v obr. 2) vyšší ve večerních hodinách a nižší v ranních hodinách. Je to způsobeno zejména relativně větším vlivem teplot v termínu 21 hodin při výpočtu TP_{KL} . Struktura korelací okamžitých teplot s TP_{KL} je tedy poněkud odlišná od „reálné“ struktury korelací s TP_{15} .

Asymetrická korelační struktura vazeb mezi průměrnou denní teplotou TP_{15} a termínovou teplotou vzduchu je zřejmá i z obr. 3. Na něm je vykreslen časový vývoj korelačních koeficientů mezi průměrnou teplotou TP_{15} daného dne (D+0) a okamžitými 15minutovými teplotami v průběhu daného dne (D+0) a dne následujícího (D+1), a to pro červencová data ze všech 3 stanic. Z grafu je vidět, že pro teploty daného dne (D+0) začínají korelace prudce narůstat až po východu Slunce a svého ranního maxima dosahují asi 2–3 hodiny po východu Slunce. Večer korelace klesají rovněž až po západu Slunce, přičemž pokles je během celé následující noci výrazně pomalejší v porovnání s rychlostí ranního nárůstu. Po přechodném zvýšení korelací po východu Slunce následujícího dne pokračují korelace v pozvolném poklesu, ale na



Obr. 1 Denní průběhy teplot v situacích s maximální kladnou diferencí (horní obrázek) a maximální zápornou diferencí (spodní obrázek) $TP_{KL}-TP_{15}$.

Fig. 1. Daily temperature courses during the days with maximal positive (top) and maximal negative (bottom) differences $TP_{KL}-TP_{15}$.



Obr. 2 Korelace mezi okamžitou teplotou vzduchu a průměrnou denní teplotou vzduchu TP_{15} (levý sloupec) a TP_{KL} (pravý sloupec).
 Fig. 2. Correlations between instantaneous air temperature and daily mean temperature TP_{15} (left column) and TP_{KL} (right column).

hodnoty, srovnatelné se situací před východem Slunce v den D+0, klesnou až následujícího dne (D+1) ve večerních hodinách. V některých ročních obdobích může tedy mít teplota T_{K07} poměrně silnou statistickou vazbu na podmínky minulého dne.

4. MOŽNOST ZPŘESNĚNÍ ALGORITMU VÝPOČTU PRŮMĚRNÉ DENNÍ TEPLoty

„Klasický“ klimatologický vzorec výpočtu průměrné denní teploty ze tří termínů, tedy

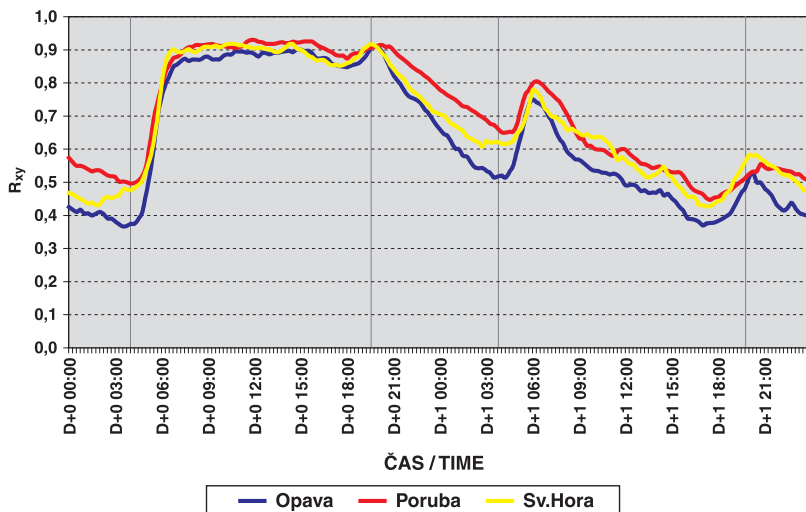
$$TP_{KL} = w_1 \cdot T_{K07} + w_2 \cdot T_{K14} + w_3 \cdot T_{K21}$$

používá konstantní váhy ($w_1 = w_2 = 0.25$, $w_3 = 0.5$) nezávislé na roční době nebo na konkrétním průběhu teplot během dne. Proto vykazují v některých ročních obdobích nezanedbatelné

systematické chyby a rovněž při výskytu atypických denních průběhů teplot může vést až k několikastupňovým chybám ve srovnání s hodnotou TP_{15} . Zlepšení vztahu pro výpočet denní průměrné teploty jinou volbou termínů měření teploty nebo vyšší četností měření ale většinou není ve starších datech možné, z historických klimatologických měření před automatizací stanic jsou totiž často k dispozici pouze 3 termínové teploty z 07, 14 a 21 hodin. Zpřesnění lze tedy dosáhnout spíše jistým zobecněním hodnot vah w_i ($i = 1,2,3$) například tak, aby nebyly konstantní, ale aby byly (nelineárně) závislé na roční době a na průběhu teplot během dne (vyjádřeném alespoň schematicky pomocí teplot T_{K07} , T_{K14} a T_{K21}). Tedy

$$w_i = f_i(R, T_{K07}, T_{K14}, T_{K21}), i = 1,2,3$$

kde R je vhodná charakteristika pozice daného dne v rámci



Obr. 3 Časový vývoj korelací mezi průměrnou denní teplotou TP_{15} daného dne (D+0) a okamžitými teplotami v daném dni (D+0) a ve dni následujícím (D+1) pro měsíc červenec

Fig. 3. Time evolution of correlations between daily mean temperature TP_{15} of the particular day (D+0) and instantaneous air temperatures during that particular day (D+0) and the successive day (D+1) for July

ročního chodu, T_{K07} , T_{K14} a T_{K21} termínové teploty a f_i jsou nelineární funkce uvedených parametrů. Tato úvaha vede ale okamžitě ke vztahu

$$TP_{KL} = f(R, T_{K07}, T_{K14}, T_{K21}),$$

kde f je obecně nelineární funkce termínových teplot T_{K07} , T_{K14} a T_{K21} a polohy dne v rámci ročního chodu. Na rozdíl od „klasické“ klimatologické metody zde tedy relativní vliv jednotlivých teplot T_{K07} , T_{K14} a T_{K21} na vypočtenou průměrnou denní teplotu není konstantní. Při použití vhodné funkce f , která na naměřených datech vykazuje (při porovnání s teplotou TP_{15}) nízkou systematickou chybu i nízký rozptyl reziduí, dostaneme metodu výpočtu denní průměrné teploty, která je adaptivní v tom smyslu, že mění konkrétní způsob výpočtu v závislosti na ročním období i na samotných hodnotách klimatologických termínových teplot.

5. METODIKA

Nalezení optimální funkce f ve vztahu

$$TP_{KL} = f(R, T_{K07}, T_{K14}, T_{K21})$$

představuje v zásadě řešení násobné nelineární regresní úlohy. Vzhledem k nelinearitě problému a většímu počtu nezávisle proměnných může být analytické vyjádření funkce f poměrně složité a možnost jeho nalezení značně problematická. S výhodou lze ale v podobných situacích využít řešení pomocí neuronových sítí regresního typu.

Popis metodiky neuronových sítí není cílem tohoto článku. V minulosti bylo však v Meteorologických zprávách publikováno několik příspěvků, kde byla tato metoda využita, (např. [2, 3] nebo [4]) a kde lze základní popis metodiky vyhledat.

Pro konkrétní řešení uvedeného problému je ale třeba především vhodně vyjádřit proměnnou R , popisující polohu dne v rámci ročního chodu. Roční chod sám o sobě je spojitý a periodický s jednoznačně danou periodou, takže i vyjádření proměnné R by mělo splňovat především tyto dva požadavky. Jednoduchá vyjádření například pomocí pořadového čísla měsíce nebo dne v rámci roku nejsou vhodná právě pro

svou nespojitost na rozhraní roků. Možným řešením zde je použití kombinace funkcí sinus a kosinus, tedy

$$\sin(n/365 \cdot 2 \cdot \pi) \text{ a}$$

$$\cos(n/365 \cdot 2 \cdot \pi),$$

kde n je pořadové číslo dne v roce. Je zřejmé, že je nutné použít obě funkce zároveň. Žádná z nich totiž sama o sobě nedefinuje polohu dne v rámci ročního chodu jednoznačně, ale jejich kombinace již v tomto smyslu jednoznačná je. Proměnnou R lze tedy v tomto případě definovat jako dvojnásobný vektor se složkami

$$R = [\sin(n/365 \cdot 2 \cdot \pi); \cos(n/365 \cdot 2 \cdot \pi)].$$

Již první jednoduché testy ukázaly, že z možných typů regresních neuronových sítí by měla být plně vyhovující tzv. perceptronová neuronová síť s jednou skrytou vrstvou. Počet neuronů ve vstupní vrstvě této regresní sítě je jednoznačně dán počtem nezávisle proměnných ve funkci f . Vstupní vrstva sítě tedy má 5 neuronů (2 složky vektoru R a 3 klimatologické termínové teploty, T_{K07} , T_{K14} a T_{K21}). Podobně počet neuronů ve výstupní vrstvě sítě je dán počtem závisle proměnných. Závisle proměnná je v této úloze jedna. Ve fázi tréninku neuronové sítě budou na výstup vkládány hodnoty průměrných denních teplot TP_{15} a při následné aplikaci vytrénované sítě na teploty v klimatologických termínech 07, 14 a 21 hodin pak na výstupu sítě budou odhadnuté hodnoty průměrné denní teploty, vypočítané touto novou metodou (ozn. TP_{NN}).

Jediným neznámým parametrem neuronové sítě byl v této fázi počet neuronů ve skryté vrstvě. Ten úzce souvisí s komplexností simulované nelineární závislosti. Pro odhad optimálního počtu neuronů ve skryté vrstvě byla po jednotlivých stanicích provedena řada křížově validovaných testů (krátkých tréninků neuronové sítě) s různým počtem neuronů, při kterých byla vstupní data opakovaně náhodně dělena na tréninková (přímo použitá k tréninku neuronové sítě), selekční (slouží k výběru nejlepší sítě v průběhu iterativního tréninku a ke kontrole, zda nedochází k tzv. „přetřénování“ sítě) a testovací (odhad chyby sítě na nezávislých datech, která nebyla použita ani k tréninku, ani k výběru nejlepší sítě) v poměru 50% / 25% / 25%. Toto náhodné rozdělení dat bylo pro každou stanici provedeno 10krát a pro každé z nich bylo testováno několik desítek jednotlivých neuronových sítí. Kvalita jednotlivých sítí pak byla posuzována podle chyby na nezávislých (testovacích) datech. Testy bylo zjištěno, že u výše položené stanice Světla Hora často pracovaly s relativně malou chybou již sítě se 2–3 neurony ve skryté vrstvě, zatímco u níže položených stanic (Opava, resp. Ostrava-Poruba) byl optimální počet neuronů ve skryté vrstvě vyšší (5–8). To svědčí o tom, že na výše položených (horských) stanicích je vztah mezi termínovými klimatologickými teplotami a průměrnou denní teplotou poněkud jednodušší, zatímco na níže položených stanicích může být komplikovanější.

S ohledem na výsledky testů byla nakonec jako kompromis vybrána síť s 5 neurony ve skryté vrstvě, která by měla vyhovovat podmínkám jak nížinných, tak i výše položených stanic. Vybraná síť má celkem 41 stupňů volnosti, což je

výrazně méně, než je počet vstupních datových vektorů. To je jednou z podmínek korektního použití neuronové sítě a zároveň předpokladem k tomu, že neuronová síť dokáže získané výsledky odpovídajícím způsobem zobecnit.

Vzhledem k tomu, že korektní posouzení vytrénovaných neuronových sítí vyžaduje vyhodnocení na nezávislých datech, byla pro další postup zvolena metoda křížově validovaného tréninku, kdy byla data vždy z jednoho kalendářního roku ponechána stranou pro validaci a data ze zbylých 6 let byla náhodně rozdělena na tréninková a selekční v poměru 2/3 ku 1/3. Datové soubory všech stanic obsahovaly data za 7 kalendářních let (1998–2004), takže tento postup bylo třeba opakovat pro každou stanic sedmkrát. Navíc, aby se snížila závislost výsledků na náhodných faktorech, tj. na konkrétním rozdělení dat na tréninková a selekční nebo na konkrétních hodnotách náhodné inicializace sítě před začátkem tréninku, byly sítě trénovány opakovaně, vždy pro 9 různých dělení dat na tréninková a selekční a pokaždé s jinou náhodnou inicializací sítě. Takto bylo celkem pro každou stanic vytrénováno 63 sítí (7 výběrů validačního roku krát 9 náhodných dělení zbylých dat na tréninková a selekční, vždy s jinou náhodnou inicializací sítě). Tento postup je jistou analogií ansámbové metody v dynamickém modelování a umožňuje posoudit stabilitu výsledků a míru nejistoty, se kterou pracuje samotná metoda.

Průměrná denní teplota vzduchu je pak počítána pro dny pouze z daného validačního roku a je odhadována buď jako aritmetický průměr, nebo jako medián hodnot celého devítičlenného ansámblu. Samozřejmě lze vyhodnotit i charakteristiky rozptylu výsledků přes všech 9 členů ansámblu.

Perceptronová neuronová síť používá ve svých neuronech nelineární aktivační funkci. K aktivaci se nejčastěji používá tzv. logistická funkce

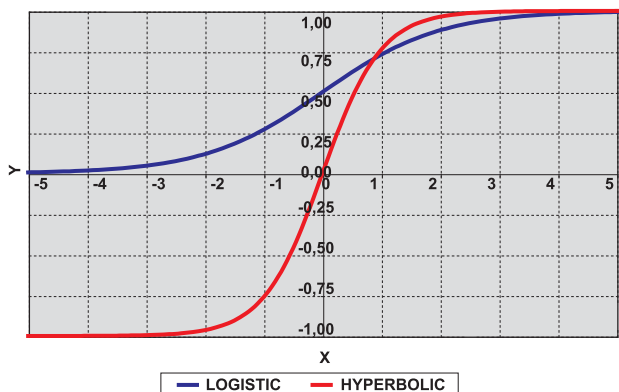
$$y = \frac{1}{1 + e^{-x}},$$

která transformuje hodnoty z intervalu $(-\infty; +\infty)$ na hodnoty v $(0; 1)$ nebo funkce hyperbolický tangens

$$y = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}},$$

transformující hodnoty z intervalu $(-\infty; +\infty)$ na hodnoty v $(-1; 1)$. Graficky jsou tyto aktivační funkce znázorněny na obr. 4.

U obou těchto funkcí je ale zřejmé, že pro hodnoty x výrazně odlišné od nuly ztrácí aktivační funkce citlivost a dochází k tzv. saturaci (i relativně velká změna hodnoty x má za násle-



Obr. 4 Aktivační funkce neuronu.

Fig. 4. Activation functions of the artificial neuron.

dek jen minimální změnu hodnoty y). Navíc, je-li taková aktivační funkce použita ve výstupní vrstvě sítě, pak výstupní hodnoty ze sítě vždy leží v intervalu $(0; 1)$ nebo $(-1; 1)$, podle použité aktivační funkce a síť nemá schopnost extrapolace výstupních hodnot mimo uvedený interval. Z těchto důvodů jsou zpravidla hodnoty nezávisle proměnných před použitím v neuronové síti transformovány do hodnot blízkých nule, kde nedochází k saturaci (např. do intervalu $\langle 0; +1 \rangle$ nebo $\langle -1; +1 \rangle$, podle použité aktivační funkce). Hodnoty závisle proměnné je pak vždy nutno transformovat do oboru hodnot dané aktivační funkce. K tomu se obvykle používá lineární transformace typu „minimax“, kdy je minimální hodnota dat transformována do hodnoty spodní hranice zvoleného intervalu a maximální hodnota dat do hodnoty horní hranice zvoleného intervalu.

Při modelování závislosti, které nejsou extrémně nelineární ani mimořádně složité, existuje jedna možnost jak snížit riziko saturace a zachovat síti schopnost extrapolace. Tou možností je použití lineární aktivační funkce jak ve vstupní vrstvě (potlačení rizika saturace), tak i ve výstupní vrstvě (zachování schopnosti extrapolace). Vstupní vrstva sítě pak slouží hlavně k transformaci dat z původních hodnot na hodnoty, se kterými dokáže síť dobře pracovat a k přenosu signálu do první skryté vrstvy, zatímco výstupní vrstva zajišťuje sběr výstupního signálu z poslední skryté vrstvy a transformuje ho do původního oboru hodnot výstupní proměnné. K vlastním nelineárním transformacím signálu pak dochází pouze ve skrytých vrstvách sítě (viz [5, 6]).

Tato možnost byla využita i v rámci předložené studie. Konkrétně byly použity perceptronové sítě regresního typu s architekturou 5-5-1 (5 neuronů ve vstupní vrstvě, 5 neuronů ve skryté vrstvě, 1 neuron ve výstupní vrstvě), lineární aktivací ve vstupní a výstupní vrstvě a aktivací typu hyperbolický tangens ve skryté vrstvě. Hodnoty závisle proměnných T_{K07} , T_{K14} a T_{K21} i nezávisle proměnné TP_{15} byly před zpracováním transformovány metodou „minimax“ do intervalu $\langle -1; +1 \rangle$. Složky vektoru R (sinus a kosinus polohy dne v rámci roku) nebylo třeba transformovat, protože už z definice leží v požadovaném intervalu. K tréninku sítě byl použit běžný algoritmus zpětného šíření chyby (BEP – Back Error Propagation). Výběr nejlepší sítě v průběhu tréninku byl prováděn podle chyby na selekčních datech, což je opatření proti tzv. přetrénování sítě ([5, 6]).

Mezi výhodami testované metody lze uvést především její nelinearitu a schopnost odvodit a zobecnit závislosti, obsažené v datech, i bez předchozí informace o jejich tvaru.

Nevýhodou tohoto přístupu je především skutečnost, že je velmi obtížné interpretovat způsob zpracování signálu uvnitř neuronové sítě a přesný algoritmický popis zpracování signálu uvnitř sítě je značně komplikovaný.

6. VÝSLEDKY

Analýza citlivosti výstupů vytrénovaných neuronových sítí na hodnoty nezávisle proměnných pochopitelně ukázala vysokou citlivost výsledků především na hodnoty T_{07} , T_{14} a T_{21} , zatímco citlivost na popis polohy dne v rámci ročního chodu (vektor R) byla výrazně slabší. Důvodem je, že informace o poloze v rámci ročního chodu je do značné míry obsažena už v samotných hodnotách termínových teplot vzduchu a jejich ročním chodu. Roční chod teploty je ale fázově posunut oproti ročnímu chodu astronomických faktorů (východ a západ Slunce, výška Slunce nad obzorem), navíc se s roční periodou mění i rozdíl mezi místním středním slu-

nečním časem (ve kterém probíhají klimatologická měření) a místním pravým slunečním časem, který definuje skutečný průběh dne z hlediska astronomických faktorů. Existuje tedy několik periodických vlivů s roční periodou, které nelze bezprostředně vztáhnout k samotnému ročnímu chodu teploty. Proto i obecná charakteristika polohy dne v rámci ročního chodu (vektor R) je v modelu nutná a analýza citlivosti ukazuje, že zůstává významným prediktorem.

6.1 Způsob odhadu průměrné teploty z ansámblu

Průměrné denní teploty vzduchu lze z devítičlenného ansámblu vytrénovaných neuronových sítí odhadnout jako vhodnou charakteristiku střední hodnoty. Byly testovány dvě základní možnosti – aritmetický průměr a medián. Základní statistické charakteristiky rozdílů mezi nimi (průměr-medián) přes celý zpracovaný soubor jsou pro jednotlivé stanice uvedeny v tabulce 3. Vzhledem k tomu, že průměr hodnot ansámblu je většinou poměrně blízký mediánu, byly pro toto porovnání použity nezaokrouhlené hodnoty.

Tab. 3 Základní statistické charakteristiky diferencí mezi aritmetickými průměry a mediány přes celý devítičlenný ansámbl vytrénovaných neuronových sítí. AVG = průměrná diference, STD = směrodatná odchylka diferencí, MIN/MAX = extrémní diferencí, $Q(p)$ = empirické kvantily diferencí (p -procentní kvantil), $ABS(DIF) < 0,05^\circ C / 0,1^\circ C$ = procentuální zastoupení případů, kdy byla absolutní hodnota diferencí pod $0,05/0,1^\circ C$.

Table 3. Basic statistical characteristics of the differences between arithmetic means and medians over the whole 9-members ensemble of the trained neural networks. AVG = mean difference, STD = standard deviation of the differences, MIN/MAX = extreme values of the differences, $Q(p)$ = empirical quantiles of the differences (p -percent quantile), $ABS(DIF) < 0,05^\circ C / 0,1^\circ C$ = relative proportion of the cases with absolute value of the differences less than $0,05/0,1^\circ C$.

DIFERENCE AVG – MED	OPAVA	PORUBA	SV. HORA
AVG [$^\circ C$]	0,000	0,000	0,001
STD [$^\circ C$]	0,020	0,022	0,024
MIN [$^\circ C$]	-0,120	-0,141	-0,095
Q(1%) [$^\circ C$]	-0,048	-0,058	-0,060
Q(5%) [$^\circ C$]	-0,031	-0,031	-0,036
Q(10%) [$^\circ C$]	-0,024	-0,022	-0,026
Q(25%) [$^\circ C$]	-0,012	-0,011	-0,013
Q(75%) [$^\circ C$]	0,013	0,011	0,013
Q(90%) [$^\circ C$]	0,023	0,023	0,026
Q(95%) [$^\circ C$]	0,033	0,034	0,038
Q(99%) [$^\circ C$]	0,054	0,075	0,073
MAX [$^\circ C$]	0,108	0,176	0,267
ABS(DIF) < 0,05 $^\circ C$	97,8%	96,4%	95,4%
ABS(DIF) < 0,1 $^\circ C$	99,9 %	99,5 %	99,8 %

Z tabulky je zřejmé, že mezi odhadem průměrné teploty pomocí ansámblového průměru nebo mediánu prakticky není žádný rozdíl. Systematická chyba je zanedbatelná a diference jsou v naprosté většině případů nižší, než je přesnost měření teploty. Diference nad $0,1^\circ C$ byly zaznamenány jen zcela výjimečně, jejich četnost na žádné ze stanic nepřesahuje $0,5\%$ a jde tedy jen o jednotlivé případy v rámci celého datového souboru. Volba konkrétní metody odhadu průměrné teploty z ansámblových hodnot tedy nevnáší do výsledků žádnou větší nejistotu a v dalších analýzách byly průměrné denní teploty odhadovány pomocí aritmetického průměru členů ansámblu.

6.2 Rozptyl ansámblů a vnitřní nejistota modelu

Charakteristiky rozptylu simulovaných hodnot přes celý devítičlenný ansámbl poskytují informaci o citlivosti modelu na výběrové a další náhodné efekty (dělení datového souboru na tréninková a selekční data, náhodná inicializace neuronové sítě apod.).

Rozptyl hodnot v rámci ansámblu byl posuzován pomocí směrodatné odchylky, počítané přes celý devítičlenný ansámbl, a to z nezaokrouhlených dat. Základní statistické charakteristiky rozptylu hodnot v rámci ansámblu jsou uvedeny v tabulce 4:

Tab. 4 Základní statistické charakteristiky rozptylu hodnot v rámci ansámblu vytrénovaných neuronových sítí. MIN/MAX = extrémní hodnoty STD, $Q(p)$ = empirické kvantily hodnot STD (p -procentní kvantil).

Table 4. Basic statistical characteristics of the intra-ensemble variability of trained neural networks. MIN/MAX = extreme values of STD, $Q(p)$ = empirical quantiles of STD values (p -percent quantile).

ANSÁMBL STD	OPAVA	PORUBA	SV.HORA
MIN [$^\circ C$]	0,022	0,013	0,021
Q(25 %) [$^\circ C$]	0,057	0,050	0,062
Q(50 %) [$^\circ C$]	0,071	0,064	0,078
Q(75 %) [$^\circ C$]	0,091	0,085	0,103
Q(90 %) [$^\circ C$]	0,119	0,119	0,139
Q(99 %) [$^\circ C$]	0,218	0,246	0,270
MAX [$^\circ C$]	0,656	0,573	0,507

Výsledky v tabulce ukazují, že rozptyl hodnot přes členy ansámblu je většinou poměrně malý a všechny sítě v rámci daného ansámblu zpravidla dávají vzájemně dost podobné hodnoty. Nicméně na každé ze stanic se vyskytl několik případů (3–4 na každé stanici), kdy hodnota STD přes celý ansámbl překročila hodnotu $0,4^\circ C$ a v jednom případě na každé stanici došlo i k překročení hodnoty $0,5^\circ C$. Příčin takových ojedinělých případů větší „nejistoty“ modelů může být více. Jednou z možností je například to, že se v tréninkovém souboru, použitém k odhadu parametrů sítí, vyskytl případ s dostatečně podobnou kombinací nezávisle proměnných, tj. roční doba a termínové klimatologické teploty, a síť tedy musela pro danou kombinaci nezávisle proměnných využít při tréninku méně podobných vzorů. Druhou možností je naopak to, že se podobné kombinace nezávisle proměnných v tréninkovém souboru vyskytly, ale se vzájemně odlišnými hodnotami závisle proměnné (to může být způsobeno např. výrazně odlišným průběhem teplot mezi klimatologickými termíny). Pro takové případy ale síť nenalezne dostatečně obecné řešení.

Nicméně i tak lze konstatovat, že rozptyl hodnot ansámblu je většinou velmi nízký, modely nejsou příliš citlivé na konkrétní rozdělení dat na tréninková a selekční ani na náhodnou inicializaci neuronové sítě. Tréninková data tedy ve většině případů představují reprezentativní vzorek, na kterém je neuronová síť schopna dobře se naučit simulovat a zobecnit požadované závislosti.

6.3 Chyby modelu v porovnání s klasickým výpočtem

Pro další zpracování byly průměry hodnot přes celý devítičlenný ansámbl zaokrouhleny na desetiny stupně Celsia a tyto zaokrouhlené hodnoty byly označeny jako TP_{NN} . Porovnání průměrných diferencí mezi denními průměry TP_{15} a TP_{NN} pak bylo provedeno stejným způsobem jako porovnání TP_{15} a TP_{KL}

Tab. 5 Diference mezi průměrnou denní teplotou, vypočítanou pomocí upravené metody (TP_{NN}) a průměrnou denní teplotou počítanou z 15minutových měření (TP_{15}) a statistická významnost diferencí.

Table 5. Differences between daily mean temperature calculated with the help of modified method (TP_{NN}) and daily mean temperature calculated from 15-min. measurements (TP_{15}) and statistical significance of the differences.

	OPAVA	10%	5%	2%	1%	PORUBA	10%	5%	2%	1%	SV.HORA	10%	5%	2%	1%
I.	-0,00	-	-	-	-	+0,02	-	-	-	-	-0,02	-	-	-	-
II.	+0,01	-	-	-	-	-0,01	-	-	-	-	-0,00	-	-	-	-
III.	-0,02	-	-	-	-	-0,03	-	-	-	-	-0,02	-	-	-	-
IV.	+0,01	-	-	-	-	-0,02	-	-	-	-	+0,03	-	-	-	-
V.	+0,03	-	-	-	-	+0,02	-	-	-	-	+0,01	-	-	-	-
VI.	+0,00	-	-	-	-	-0,06	+	-	-	-	-0,01	-	-	-	-
VII.	-0,01	-	-	-	-	+0,01	-	-	-	-	-0,03	-	-	-	-
VIII.	-0,00	-	-	-	-	-0,02	-	-	-	-	+0,01	-	-	-	-
IX.	+0,02	-	-	-	-	+0,01	-	-	-	-	-0,01	-	-	-	-
X.	-0,03	-	-	-	-	-0,01	-	-	-	-	-0,01	-	-	-	-
XI.	0,03	-	-	-	-	+0,01	-	-	-	-	-0,03	-	-	-	-
XII.	-0,01	-	-	-	-	-0,02	-	-	-	-	+0,04	-	-	-	-

v kapitole 3, tedy po jednotlivých měsících a s vyhodnocením statistické významnosti diferencí. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5 a uvedené hodnoty lze přímo porovnat s tabulkou 1.

Je zřejmé, že upravená metoda především výrazně redukuje velké systematické a statisticky významné rozdíly. Při jejím použití jsou odchylky diferencí od nuly téměř bez výjimky statisticky nevýznamné. Jedinou výjimkou je červen na stanici Ostrava-Poruba, kde je výsledek prakticky na hranici statistické významnosti pro 10% hladinu. Tento závěr je důležitý především z hlediska klimatologického zpracování dat a naznačuje, že upravená metoda, na rozdíl od „klasické“, vykazuje v průběhu celého roku prakticky zanedbatelnou systematickou chybu.

Největší kladné a záporné diference mezi TP_{15} a TP_{NN} jsou uvedeny v tabulce 6 a lze je porovnat s hodnotami v tabulce 2.

Při použití upravené metody tedy dochází i k poměrně výrazné redukci hodnot extrémních odchylek, v průměru asi o 1 °C. Lepší informaci o rozdělení chyb obou metod ale poskytuje porovnání histogramů diferencí $TP_{KL} - TP_{15}$ a $TP_{NN} - TP_{15}$ (obr. 5).

Upravená metoda evidentně dává rozdělení chyb výrazněji koncentrované k nule a četnosti výskytu chyby do ca 0,5 °C jsou při použití této metody výrazně vyšší, než je tomu při použití klasické klimatologické metody.

Podobné závěry vyplývají i z porovnání kvantilů chyb klasické a upravené metody výpočtu v tabulce 7.

Je zřejmé, že při použití upravené metody dochází k posunu hodnot empirických kvantilů směrem k nule, v průměru asi na dvě třetiny původních hodnot. Chyby upravené metody jsou tedy ve srovnání s klasickou metodou výrazně více koncentrovány k nulovým hodnotám.

6.4 Struktura korelací s okamžitými teplotami

Struktura korelačních vazeb mezi průměrnými teplotami, vypočítanými upravenou metodou (TP_{NN}) a okamžitými-

mi teplotami vzduchu byla hodnocena zcela stejnou metodou jako pro teploty TP_{15} a TP_{KL} v kapitole 3. Výsledky jsou znázorněny na obr. 6, barevná škála je identická s obr. 2.

Z porovnání obr. 6 s obr. 2 je zřejmé, že při výpočtu upravenou metodou nedochází ke zvyšování korelací ve večerních hodinách, jako je tomu u teplot TP_{KL} (pravý sloupec v obr. 2) a struktura korelačních vazeb zůstává podobná jako u teplot TP_{15} (levý sloupec v obr. 2).

Tab. 6 Maximální kladné a záporné diference mezi teplotami TP_{NN} a TP_{15} , datum jejich výskytu a hodnoty TP_{NN} a TP_{15} .

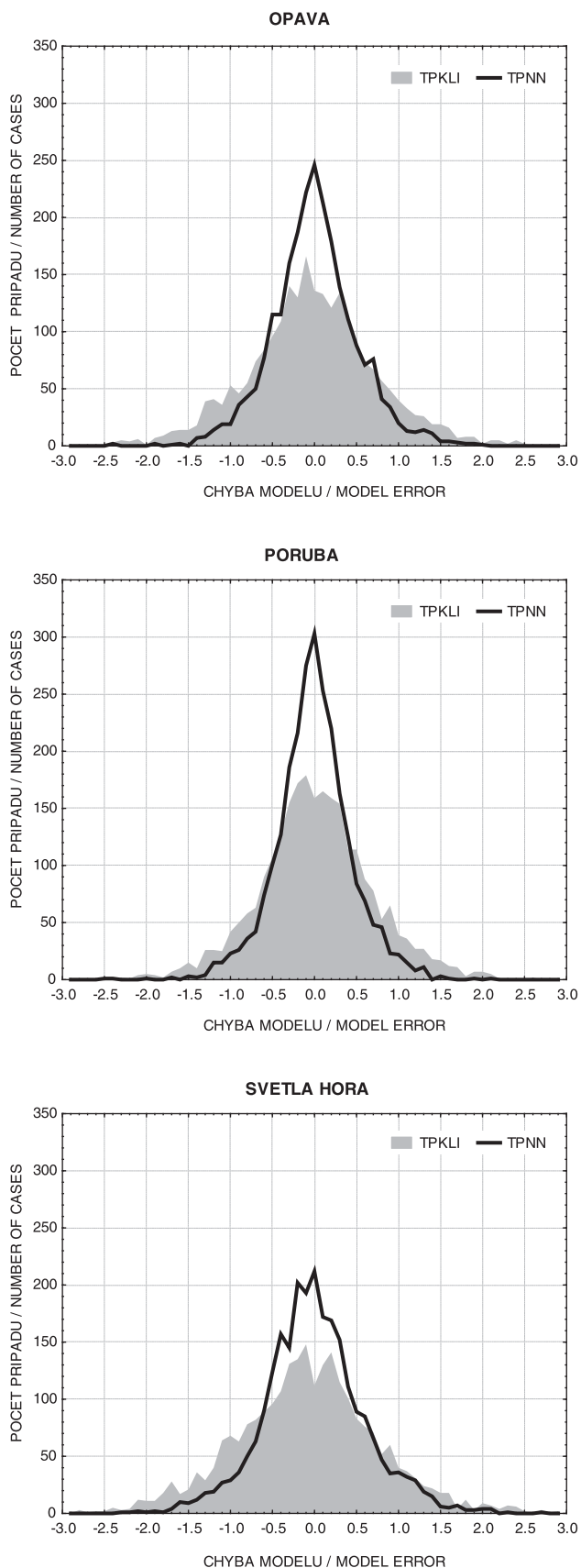
Table 6. Maximal positive and negative differences between temperatures TP_{NN} and TP_{15} , date of their occurrence and corresponding temperatures TP_{NN} and TP_{15} .

	OPAVA	PORUBA	SV.HORA
MAXIMUM DEN	+2,0 °C	+2,1 °C	+3,1 °C
$TP_{NN} TP_{15}$	23. 5. 2004 7,4 5,4	23. 12. 1999 -5,8 -7,9	6. 1. 2004 -8,2 -11,3
MINIMUM DEN	-2,4 °C	-2,5 °C	-2,3 °C
$TP_{NN} TP_{15}$	20. 1. 2000 -3,8 -1,4	4. 8. 2003 20,1 22,6	20. 12. 2004 -8,1 -5,8

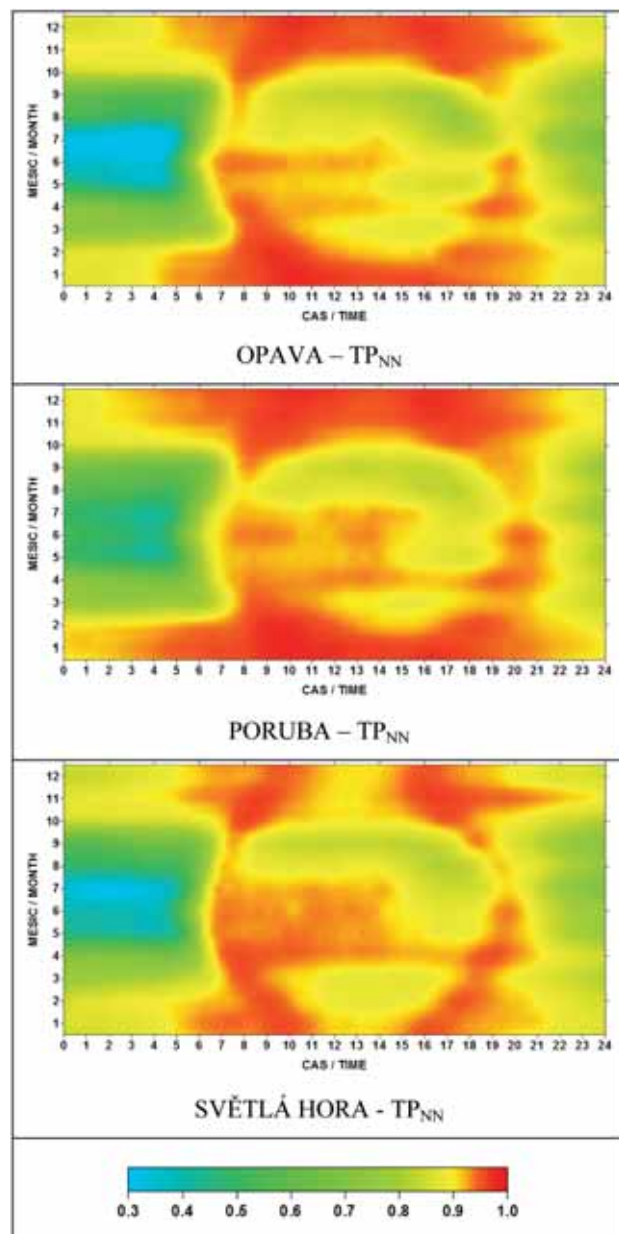
Tab. 7 Kvantily chyby odhadu průměrné denní teploty vzduchu klasickou metodou ($TP_{KLI} - TP_{15}$) a upravenou metodou ($TP_{NN} - TP_{15}$).

Table 7. Quantiles of the errors of daily mean temperature estimates with the help of "classical" climatological method ($TP_{KLI} - TP_{15}$) and modified method ($TP_{NN} - TP_{15}$).

	OPAVA		PORUBA		SV.HORA	
	$TP_{KLI} - TP_{15}$	$TP_{NN} - TP_{15}$	$TP_{KLI} - TP_{15}$	$TP_{NN} - TP_{15}$	$TP_{KLI} - TP_{15}$	$TP_{NN} - TP_{15}$
Q1 %	-1,9	-1,2	-1,7	-1,2	-2,1	-1,5
Q2 %	-1,7	-1,1	-1,5	-1,0	-1,9	-1,3
Q5 %	-1,3	-0,8	-1,1	-0,8	-1,5	-1,0
Q10 %	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-1,1	-0,7
Q25 %	-0,5	-0,3	-0,4	-0,3	-0,6	-0,4
Q50 %	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
Q75 %	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3
Q90 %	0,9	0,7	0,9	0,5	1,0	0,7
Q95 %	1,3	0,9	1,2	0,8	1,3	1,1
Q98 %	1,6	1,2	1,5	1,0	1,8	1,4
Q99 %	1,9	1,4	1,7	1,1	2,2	1,6



Obr. 5 Empirické histogramy chyby odhadu průměrné denní teploty klasickou metodou (TPKLI – plocha) a upravenou metodou (TPNN – čára)
 Fig. 5. Empirical histograms of the errors of daily mean temperature estimates with the help of “classical” climatological method (TPKLI – area) and modified method (TPNN – line).



Obr. 6 Korelace mezi okamžitou teplotou vzduchu a průměrnou denní teplotou vzduchu TP_{NN} .

Fig. 6. Correlations between instantaneous air temperature and daily mean temperature TP_{NN} .

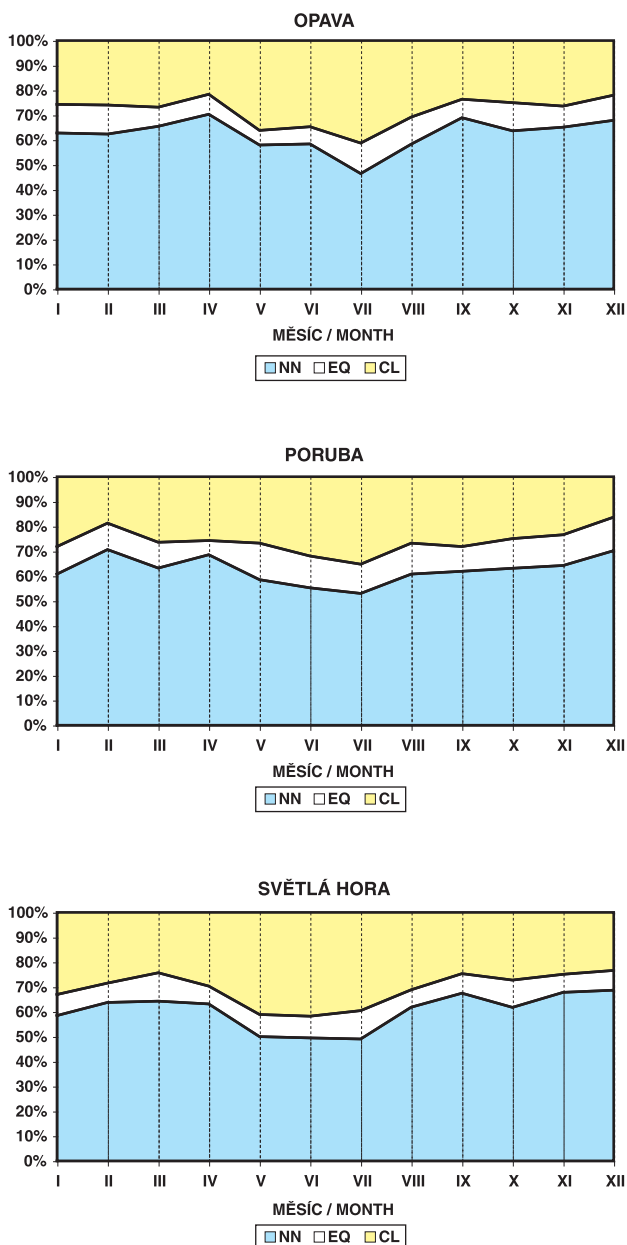
6.5 Kvalitativní porovnání obou metod

Při kvalitativním porovnání bylo hodnoceno pouze to, v kolika případech byla která metoda úspěšnější, tzn. dala výsledek bližší „správné“ hodnotě TP_{15} . Porovnání bylo provedeno po stanicích a po jednotlivých měsících, výsledky jsou graficky znázorněny na obr. 7.

Větší úspěšnost upravené metody je z obr. 7 zcela evidentní, v průměru přes všechny stanice a měsíce byla upravená metoda úspěšnější v ca 62 % případů, klasická metoda v ca 28 % případů a zcela srovnatelné byly obě metody v ca 10 % případů.

7. MOŽNOSTI DALŠÍHO VÝVOJE MODELU

Jednu z možností pokračování ve vývoji modelu představuje jeho další zobecnění přidáním geografické informace (např. zeměpisná šířka a délka, nadmořská výška, případ-



Obr. 7 Kvalitativní porovnání klasické a nové metody – relativní počet dnů, kdy byla úspěšnější upravená metoda (NN), klasická klimatologická metoda (CL) a kdy byly obě metody zcela srovnatelné (EQ).

Fig. 7. Qualitative comparison of the “classical” and modified methods – relative proportion of the days when the modified method was better (NN), when the classical climatological method was better (CL) and when both methods were equally successful (EQ).

ně i další orografické informace) a vybudování jednotného modelu pro všechny stanice. Takto upravený model by totiž získal určitou schopnost geografické interpolace. Byl by tedy použitelný nejen na automatizovaných stanicích, ale umožnil by zpracování i těch řad termínových klimatologických teplot, ke kterým neexistuje souběžné automatické měření v krátkém časovém kroku.

Má-li však být takový model použitelný na celém území ČR, musí být vytrénován pomocí měření na automatizovaných stanicích také z celého území. Automatizace stanic ale probíhala na ČHMÚ po jednotlivých pobočkách a stanice poslední pobočky byly automatizovány teprve nedávno. Znamená to, že bude ještě několik let trvat, než i tyto posled-

ní automatizované stanice naměří natolik dlouhé časové řady, aby bylo možné použít je k vývoji modelu.

Dalšího zlepšení modelu by bylo zřejmě možno dosáhnout rozšířením teplotních prediktorů. Jak totiž bylo ukázáno v kapitole 3, zejména v letní polovině roku mají teploty vzduchu v nočních a časných ranních hodinách poměrně silnou vazbu spíše ještě na teplotní podmínky minulého dne. To ostatně ukazuje i obr. 8, na kterém je pro stanici Ostrava-Poruba a měsíc červenec porovnán časový vývoj korelací 15minutových teplot s okamžitou teplotou vzduchu v klimatologických termínech 21 hodin a 07 hodin.

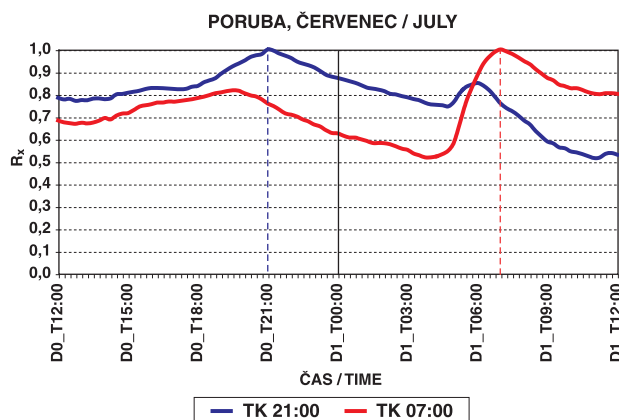
Z něj je jasné vidět, že teplota vzduchu má v době od půlnoci zhruba do 6 hodin ráno silnější vazbu ještě na teplotu vzduchu ve 21 hodin minulého dne než na teplotu v 07 hodin daného dne. Pro tento časový úsek tedy může být teplota vzduchu ve 21 hodin předchozího dne lepším prediktorem než teplota v 07 hodin daného dne. Přidání dat z termínu 21 hodin předchozího dne mezi prediktory by tedy zřejmě umožnilo lépe vystihnout vývoj teplot vzduchu zejména ve druhé polovině noci.

Testovanou metodiku je samozřejmě možné v principu využít pro řešení podobné úlohy i pro další meteorologické prvky, pro které se klasicky počítají denní průměry z klimatologických termínů 07, 14 a 21 hodin, ale na automatizovaných stanicích pro ně existují i měření v krátkém časovém kroku (např. relativní vlhkost vzduchu nebo rychlost větru). Při konstrukci neuronových sítí pro tyto meteorologické prvky bude však třeba vzít v úvahu fakt, že rychlosti větru jsou zdoma omezeny nulou a relativní vlhkost zdoma nulou a shora hodnotou 100 %. Tomu bude třeba přizpůsobit nejen architekturu zvolené neuronové sítě, ale zejména volbu aktivačních funkcí ve vstupní a výstupní vrstvě a také transformaci dat před jejich využitím k tréninku neuronové sítě.

8. ZÁVĚR

Předložená studie se zabývala možností zpřesnění odhadů průměrné denní teploty vzduchu na základě 3 termínových klimatologických měření v 07, 14 a 21 hodin. Byla testována metoda, založená na neuronových sítích regresního typu. Tato metoda zobecňuje dosud používaný klasický algoritmus především tím, že

- Přidává do výpočtu závislost na ročním období.
- Nezpracovává termínové teploty lineárně a s pevně danými vahami, ale nelineárně, s adaptivně se měnícím vlivem jednotlivých termínových teplot.



Obr. 8 Korelace okamžitých teplot vzduchu s teplotami ve 21 hodin a v 07 hodin SEČ.

Fig. 8. Correlations between instantaneous air temperatures and the temperatures at 21 and 07 hours CET (Central European Time).

Přímé porovnání chyb klasické metody s testovanou metodou ukazuje poměrně výrazné zlepšení především v následujících charakteristikách:

- Prakticky úplná eliminace systematické (a v některých měsících statisticky významné) chyby klasické metody.
- Redukce extrémních hodnot chyby klasické metody v průměru o ca 1 °C.
- Posun empirických kvantilů chyb směrem k nule (v průměru asi na dvě třetiny původních hodnot) a výraznější koncentrace chyb kolem nulové hodnoty.
- Struktura korelací okamžitých teplot s průměrnou denní teplotou TP_{NN} se příliš neliší od „správné“ struktury korelací s teplotou TP_{15} . Nedochází zejména ke zvýšení korelací ve večerních hodinách, jako tomu je u teploty TP_{KL} .
- Kvalitativní porovnání jasně ukazuje, že ve většině případů je výpočet upravenou metodou přesnější než při klasickém výpočtu.

Aby bylo možné použít tuto metodu i pro stanice, kde jsou k dispozici pouze měření teplot v klimatologických termínech, tj. bez 15minutových měření, bylo by třeba vyvinout jednotný model, platný pro celé území. V tomto modelu by bylo třeba zařadit mezi nezávisle proměnné i základní geografické charakteristiky (zeměpisná šířka a délka, nadmořská výška) a dát tak modelu schopnost přizpůsobit výpočet průměrné denní teploty geografické poloze lokality a její nadmořské výšce.

Další možností zlepšení modelu je pak přidání teploty vzduchu ve 21 hodin předchozího dne mezi nezávisle proměnné. Ukazuje se totiž, že přinejmenším v letním období souvisejí teploty ve 2. polovině noci spíše s touto teplotou než s teplotou v 07 hodin daného dne.

Testovaná metoda výpočtu průměrné denní teploty z termínových hodnot v 07, 14 a 21 hodin je sice výpočetně náročnější než klasická klimatologická metoda, v dnešní době to ale již nepředstavuje závažnější problém. Na druhou stranu je zřejmé, že odhaduje průměrné denní teploty přesněji a s menší chybou.

Literatura

- [1] KNOZOVÁ, G. – ROŽNOVSKÝ, J., 2005. Srovnání způsobu výpočtu průměrných denních teplot a vlhkosti vzduchu. *Meteorologické Zprávy*, roč. **58**, č. 1, s. 19–23. ISSN 0026-1173.
- [2] METELKA, L., 1999. Empirická objektivní analýza pole slunečního svitu pomocí neuronových sítí. *Meteorologické Zprávy*, roč. **52**, č. 4, s. 102–108. ISSN 0026-1173.
- [3] METELKA, L., 2000. Studie možnosti statistické korekce radarových odhadů srážek pomocí neuronových sítí na případu Rychnovska, 22.-23.7.1998. *Meteorologické Zprávy*, roč. **53**, č. 5, s. 146–152. ISSN 0026-1173.
- [4] METELKA, L., 2004. Nelineární variabilita tlakového pole v severoatlantické oblasti v zimním období. *Meteorologické zprávy*, roč. **57**, č. 1, s. 4–10. ISSN 0026-1173.
- [5] STATISTICA, 1998. Neural networks. StatSoft, Tulsa, Oklahoma, USA. 318 s. ISBN 1-884233-42-2 (<http://www.statsoft.com>)
- [6] STATISTICA: Electronic Statistics Textbook – Neural Networks (<http://www.statsoft.com/textbook/stneunet.html>)

Lektor RNDr. L. Němec, rukopis odevzdán v březnu 2006.

LEXIKON PRÁVA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Autor Vlastislav Hradec. Praha: EUROLEX BOHEMIA.

1 145 stran. ISBN 80-86861-39-2.

Cena 1 752,-Kč.

Publikace komplexně shrnující stávající legislativu České republiky k dané tematice, včetně vybraných nařízení Evropského parlamentu a Rady Evropy k 1. 3. 2005. Publikace zahrnuje celkem 227 právních předpisů rozdělených do 43 sekcí prostřednictvím 2 625 hesel.

Obsah lexikonu je rozčleněn do několika oddílů:

- Přehled jednotlivých sekcí s uvedením ústředního zákona (název sekce je uveden v abecedním pořádku ve zkratce – např. ZoŽP je zákon o životním prostředí)
- Přehled právních předpisů a jejich novel zahrnutých do jednotlivých sekcí – je uveden ústřední legislativní předpis a související normy – např. v sekci Voda je to zákon č. 254/2001 o vodách (vodní zákon), včetně specifikace 21 souvisejících zákonů, nařízení a vyhlášek.
- Abecedně uspořádaná hesla odvozená z dikce příslušných právních předpisů. Tvoří hlavní část lexikonu (strany 31 až 1019). Po obsahovém, resp. terminologickém vymezení pojmu (hesla) jsou odkazy na jiná hesla uvedeny podtrženou kurzívou, označení zákona obyčejnou kurzívou. Např. heslo: složky životního prostředí (ZoŽP). Složkami životního prostředí jsou zejména ovzduší,

voda, horniny, půda, organismy, *ekosystémy* a energie. § zák. č. 17/1992 Sb., o životním prostředí.

- Celkový abecední rejstřík hesel.
- Abecední rejstřík hesel v členění dle jednotlivých sekcí.

Jak již bylo uvedeno, hlavním přínosem publikace je komplexní shrnutí všech dostupných legislativních předpisů platných v Česku. Publikace je ale koncipována tak, aby potenciální uživatel našel předmět svého zájmu, aniž zná příslušný legislativní pramen (viz hlavní kapitola Abecedně uspořádaná hesla). K ilustraci poslouží např. heslo **hlavní zpoplatněné znečišťující látky podle zákona o ochraně ovzduší (OVZD)**. Hlavní zpoplatněné znečišťující látky (*znečišťující látka podle zákona o ochraně ovzduší*) tvoří:

- a) *tuhé znečišťující látky*,
 - b) anorganické kyslíkaté sloučeniny síry vyjádřené jako oxid siřičitý (dále jen „oxid siřičitý“),
 - c) anorganické kyslíkaté sloučeniny dusíku vyjádřené jako oxid dusičitý (dále jen „*oxid dusíku*“),
- d–i) viz specifikace v knize.

Podle toho, jak se zákonodárcům podařilo vtělit do legislativy definiční vyjádření problematiky, může publikace plnit i funkci normotvornou a terminologickou.

Lze předpokládat, že uvedený lexikon najde své uplatnění nejen ve sféře správních orgánů, ale poslouží i podnikatelům a širší veřejnosti i přesto, že nejde o publikaci lacinou.

Zdeněk Horký

FENOLOGICKÉ TENDENCE SLOŽEK JIHOMORAVSKÉHO LUŽNÍHO LESA NA PŘÍKLADU HABROJILMOVÉ JASENINY (ULMI-FRAXINETA CARPINI) ZA OBDOBÍ 1961–2000. ČÁST II. FENOLOGIE BYLIN A PTÁKŮ

The phenological trends of the components of flood plain forests of South Moravia in the case of Ulmi – fraxineta carpini in the period from 1961 to 2000. Part II. The phenology of herbs and birds. This study follows up on the results of the phenology of both trees and shrubs in the flood plain forest published in the previous edition of Meteorological Bulletin (no.3, 2006). In this contributing article, the phenology of selected categories of herbs and birds is elaborated. In the period of last forty years (1961–2000), the phenological event of the first flowering of Lungwort has shifted by 6.7 days and the full flowering by 8.6 days to the earlier time, the phenology of the first flowering of Yellow Star of Bethlehem has shifted by 10.7 days and the full flowering of the same by 8.6 days to the earlier time. Hollow root has shifted by 10.8 and 9.1 days, Yellow Anemone by 10.7 and 8.0 days, and Lesser Celandine by 10.6 and 9.7 days to the earlier time. Overall, in the period of the spring phase, the observed herbs on the average reacted by shifting the beginning of the first flowering by 10 days and the date of full flowering by 9 days to the earlier time.

Similarly, the selected bird categories reacted to the climate change correspondingly to trees, shrubs, and herbs. During the past forty years in the researched type of flood plain forest, the date of the first egg in population of Nuthatch has shifted by 6.5 days to the earlier time and the date of average first eggs of all investigated nesting pairs of its population has shifted by 7 days to the earlier time. The date of the first egg in population of Blue Tit has shifted by 6.8 days and the date of average first eggs of all studied pairs of its population by 6 days. In the case of Great Tit, the date of the first egg has shifted by 7 days and the date of average first eggs by 6.4 days. The date of the first egg of Collared Flycatcher has shifted by 6.8 days and the date of average first eggs of its nesting pairs has shifted by 8.1 days. The shift of nesting phase of Collared Flycatcher to the earlier time corresponds with the shift of its spring arrival date. According to the data provided by E. M. Hachler with the reference to the arrival of the first Collared Flycatcher to South Moravia, it was calculated that the arrival date in the time period of 1946–1976 had shifted by 9 days to the earlier time. The data of the phenological shift of selected bird categories are equivalent to the data of the shift of leaf bud bursting and full leafing (by 7 days). The correlation of these shifts of both trees and researched bird categories confirm the uniform influence of the temperature in the area of tree crown on the phenological events of two very different population groups. While trees and birds recorded identical acceleration by 7 days and the phenological event of shrub flowering was advanced on average by 9 days, the biggest shift was recorded in case of herbs – 9.5 days on the average. Based on the presented results, it can be concluded that separate parts of flood plain forest – trees, shrubs, and herbs have reacted to the climate change with partial differences in the number of days of the shift.

KLÍČOVÁ SLOVA: změna klimatická – trendy fenologické – les lužní – byliny – ptáci

KEY WORDS: climatic change – phenological trends – floodplain forests – herbs – birds

1. ÚVOD

Pro lužní les je charakteristický jarní aspekt bylin, jejichž vývin stonků a listů – vegetativní fáze, a etapa kvetení a zrání semen – generativní fáze, probíhá před olistěním dřevin, především vyspělých úroveňových a nadúroveňových stromů. Toto období zabírá jen krátkou část z celkového vegetačního období, kdy jarní byliny využívají příznivé osvětlení a půdní vlhkost po zimním období pro svůj vývin, který je relativně rychlý. V průběhu jarního období musejí všechny jarní byliny vyrůst a rozkvést a vytvořit plody ještě před olistěním dřevin. Mnohé z těchto jarních bylin mají podzemní hlízkou nebo cibulku, do kterých shromažďují v průběhu jarního aspektu živiny, aby přežily následné zimní období v klidovém stavu a aby v dalším roce mohli vyrůst noví jedinci. Pro fenologická pozorování jarních bylin byly vybrány takové druhy bylin, které byly kvantitativně dostatečně zastoupeny po celé čtyřicetileté období pozorování.

Z živočichů byly vybrány pro fenologická pozorování ptáci z řádu pěvců (Passeriformes). V přírodě jsou relativně lehce zjištělní. Nevedou skrytý způsob života jako např. drob-

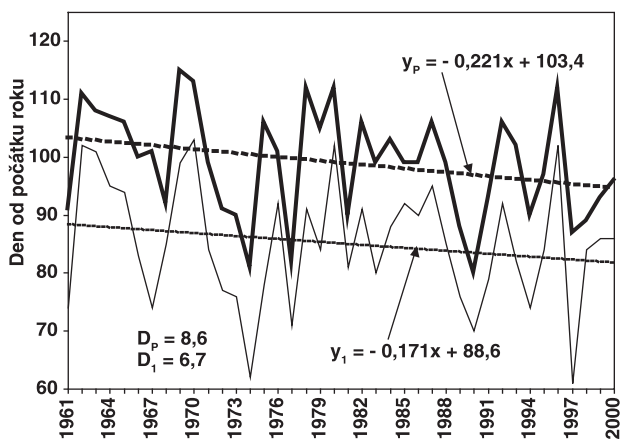
ní zemní savci, nebo nejsou tak malí jako např. hmyz, který se dá v terénu jen obtížně určovat. Hlasové projevy ptáků, zvláště zpěv v období jejich rozmnožování, jsou významnými momenty jejich určování. Ptáci jsou významní i z ekologického hlediska. Stojí uprostřed potravních řetězců, a to nejenom ve vazbě k bezobratlým živočichům, především k hmyzu, jejichž dospělci a vývojová stadia jsou potravní základnou jedinců ptačích populací v období rozmnožování, tak i k savcům – hlodavcům a šelmám, které ptáci živí svou vyprodukovanou biomasou na úrovni vajec nebo živých i mrtvých těl. Dále ptáci mají bezprostřední vztah k dřevinám jako potravnímu zdroji nebo místu pro úkryt, přenocování a rozmnožování.

2. METODIKA

Pozorování fenologie bylin a živočichů na příkladu ptáků bylo prováděno ve stejném typu lužního lesa, tj. v habrojilmové jasenině, v přírodní rezervaci „Plačkův les a říčka Šatava“ (nadm. výška 170 m, k. ú. Vranovice, polesí Velký Dvůr, LZ Židlochovice) a ve stejném časovém období (1961–2000) jako výzkum fenologie dřevin v práci [2], kde je popsá-

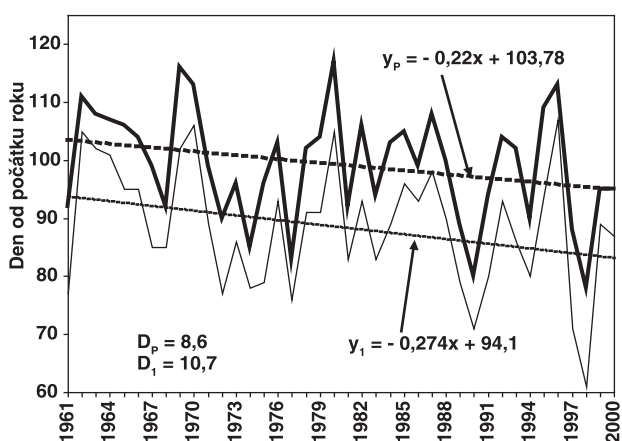
na struktura dřevin habrojilmové jaseniny a zhodnocena reakce dřevinné složky na současný vývoj klimatu.

Pozorování fenologie bylin bylo prováděno podle metodiky uvedené v Příručce pro fenologické pozorovatele [10] následované Návodem pro činnost fenologických stanic



Obr. 1 Posun fenofází prvých květů (dolní část obrazu) a plného kvetení (horní část obrazu) u plicníku lékařského (*Pulmonaria officinalis*) za období 1961–2000. Vysvětlivky: y_1 – regresní přímka proložená průměrnými daty prvých květů v jednotlivých letech; 88,6 (89. den od počátku roku) je hodnota přímky v roce 1961. D_1 je rozdíl hodnot přímky v letech 2000 a 1961 a představuje posun průměrných dat prvých květů za období čtyřiceti let o 6,7 dní. y_p – regresní přímka proložená průměrnými daty plného kvetení; 103,4 (103. den od počátku roku) je hodnota přímky v roce 1961. D_p je rozdíl hodnot přímky v letech 2000 a 1961 a představuje posun průměrných dat plného kvetení za období čtyřiceti let o 8,6 dní.

Fig. 1. The phenological shift of start of flowering (the lower part of the picture) and full flowering (the upper part of the picture) in the case of Lungwort (*Pulmonaria officinalis*) in the period 1961–2000. Explanations: y_1 – regression line derived from the average dates of the start of flowering each year; 88,6 (89th day from the beginning of the year) is the value of strait line in 1961. D_1 is the difference of the values of strait line in 2000 and 1961 and it represents the shift of average dates of the start of flowering by 6.7 days over the period of forty years. y_p – regression line derived from average dates of full flowering; 103.4 (103rd day from the beginning of the year) is the strait line value in 1961. D_p is the difference of the values of strait line in 2000 and 1961 and represents the shift of average dates of full flowering by 8.6 days over the period of forty years.



Obr. 2 Posun fenofází prvých květů (dolní část obrazu) a plného kvetení (horní část obrazu) u křivavce žlutého (*Gagea lutea*) za období 1961–2000. Vysvětlení hodnot y_1 , y_p , D_1 a D_p jako u obr. 1.

Fig. 2. The phenological shift of start of flowering (the lower part of the picture) and full flowering (the upper part of the picture) in the case of Yellow Star of Bethlehem (*Gagea lutea*) in the period 1961–2000. Explanations of the values y_1 , y_p , D_1 and D_p as by Fig. 1.

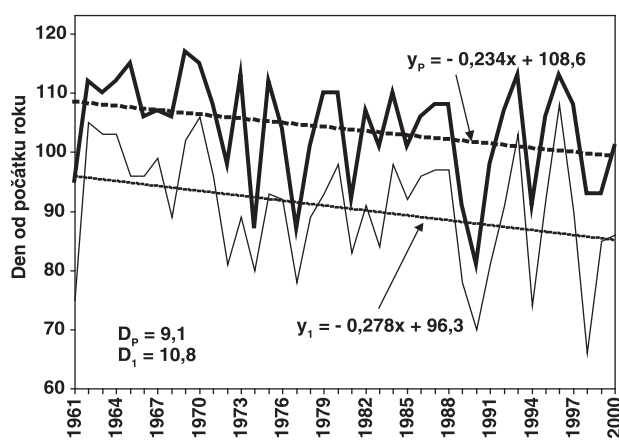
Českého hydrometeorologického ústavu [9], v poslední době doplněného Fenologickým atlasem [4].

Pro fenologická pozorování jarních bylin byly vybrány tyto druhy: plicník lékařský (*Pulmonaria officinalis*), křivavec žlutý (*Gagea lutea*), dymnivka dutá (*Corydalis cava*), sasanka pryskyřníkovitá (*Anemone ranunculoides*) a orsej jarní (*Ficaria verna*). Mezi významné druhy jarního aspektu patří i sněžinka předjarní, která se však po celé období výzkumu v habrojilmové jasenině nevyskytovala. Vraní oko čtyřlísté a ani česnek medvědí nelze zahrnout k typickým druhům jarního aspektu, protože oba druhy rozkvétají v lužním lese v době, kdy až na jedince jasanu jsou ostatní listnaté dřeviny již víceméně plně olistěné.

Metodika Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) byla v této práci rozšířena o průběh rozmnožování vybraných ptačích druhů – brhlík lesní (*Sitta europaea*), sýkora modřinka (*Parus caeruleus*) a sýkora koňadra (*Parus major*) jako zástupci stálých ptačích druhů s dílčími potulkami v zimním období, lejsek bělokrký (*Ficedula albicollis*) jako tažný ptačí druh přezimující ve střední Africe. Všechny tyto ptačí druhy hnízdí v dutinách stromů, kde sledování průběhu jejich hnízdění je z praktického hlediska nemožné. Proto byly použity ptačí budky typu „sýkorník“, rozvěšené na kmeny stromů ve výšce 2 m. Aby nebyla narušena přirozená hustota hnízdních párů, bylo rozvěšeno pouze 5 až 6 budek na hektar.

Za čtyřicetileté období byly získány informace o průběhu hnízdění u 1 873 hnízdních párů, a to u 197 hnízd brhlíka lesního, u 280 hnízd sýkory modřinky, u 693 hnízd sýkory koňadry a u 703 hnízd lejška bělokrkého. Ve vyspělém lese je dostatek přírodních dutin a tak některé ptáky, zvláště brhlík lesní, dávají přednost přírodním dutinám a ptačí budky osídlují spíše příležitostně. Rovněž vztah mezi sýkorou modřinkou a sýkorou koňadrou je určován mezidruhovou konkurencí, při které je hnízdění sýkory modřinky vytlačováno sýkorou koňadrou. V době přiletu lejška bělokrkého jsou již přírodní dutiny a zčásti i ptačí budky obsazeny výše uvedenými druhy, proto lejsek bělokrký obsazuje především prázdné ptačí budky a je tak možné snadněji sledovat větší počet jeho hnízd.

V průměru bylo ročně sledováno 5 hnízd brhlíka lesního,



Obr. 3 Posun fenofází prvých květů (dolní část obrazu) a plného kvetení (horní část obrazu) u dymnivky duté (*Corydalis cava*) za období 1961–2000. Vysvětlení hodnot y_1 , y_p , D_1 a D_p jako u obr. 1.

Fig. 3. The phenological shift of start of flowering (the lower part of the picture) and full flowering (the upper part of the picture) in the case of Hollow Root (*Corydalis cava*) in the period 1961–2000. Explanations of the values y_1 , y_p , D_1 and D_p as by Fig. 1.

7 hnízd sýkory modřinky, 17 hnízd sýkory koňadry a 18 hnízd lejska bělokrkého.

Hodnocené údaje o ptačích druzích se vztahují pouze k prvnímu hníždění. Náhradní a druhá hníždění nejsou do hodnocení zahrnuta. Průběh hníždění v ptačích budkách byl sledován od začátku stavby hnízda a v průběhu snášení vajec byly prováděny kontroly ve dvou až třídních intervalech. Protože uvedené ptačí druhy snášejí zpravidla každý den jedno vejce, bylo možné relativně přesně vypočítat datum prvního vejce. Jakmile samice začaly sedět na vejcích, nebyly již kontrolami rušeny.

Pro vyhodnocení fenologických pozorování byla z průběhu hníždění vybrána etapa snášení vajec. Základem bylo stanovení data prvního sneseného vejce každého hnízdního páru v jednotlivých letech. Obdobně jako u rostlin, kde sledujeme první květ a plné kvetení, zvolili jsme u ptačí populace dva soubory informací. Pod pojmem „prvé vejce“ rozumíme datum, kdy bylo sneseno první vejce prvním hnízdicím párem populace příslušného ptačího druhu v daném roce. Pod pojmem „průměrné datum prvních vajec“ rozumíme vypočtené průměrné datum všech prvních vajec u všech hnízdicích párů populace příslušného ptačího druhu v daném roce.

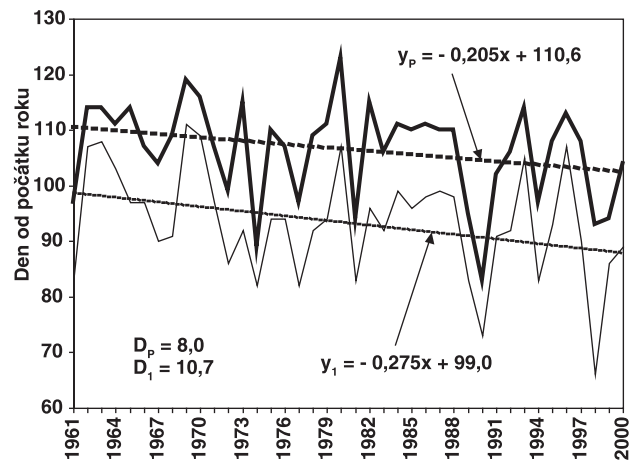
3. VÝSLEDKY

Průměrná roční teplota vzduchu vyhodnocená pomocí lineární regrese stoupla v letech 1961–2000, tj. za čtyřicetileté období, o jeden stupeň Celsia ($0,998\text{ }^{\circ}\text{C}$, D_R obr. 1, viz [2]) a v období kalendářního jara o téměř jeden stupeň C ($0,835\text{ }^{\circ}\text{C}$, D_J obr. 1, viz [2]).

Vzrůstající teplota vzduchu za dané období nezůstala bez vlivu na fenologické projevy bylin. Za čtyřicetileté období se u plicníku lékařského posunula fenofáze prvního květu o 6,7 dnů a fenofáze plného kvetení o 8,6 dnů do dřívější doby (D_1 , resp. D_P na obr. 1), u křivatce žlutého posunula fenofáze prvního květu o 10,7 dnů a fenofáze plného kvetení o 8,6 dnů do dřívější doby (D_1 , resp. D_P na obr. 2), u dymnivky duté o 10,8 a 9,1 dnů (analogické vyjádření na obr. 3), u sasanky pryskyřníkovité o 10,7 a 8,0 dnů (obr. 4), u orseje jarního o 10,6 a 9,7 dnů (obr. 5). Z vyhodnocení uvedených údajů o jednotlivých bylinách vyplývá, že u bylinné složky habro-jilmové jaseniny se v jarním aspektu fenofáze prvních květů v průměru uspíšila za čtyřicetileté období o 9,9 dnů (za průměrné desetiletí o 2,5 dnů) a fenofáze plného kvetení v průměru o 8,8 dnů (za průměrné desetiletí o 2,2 dnů).

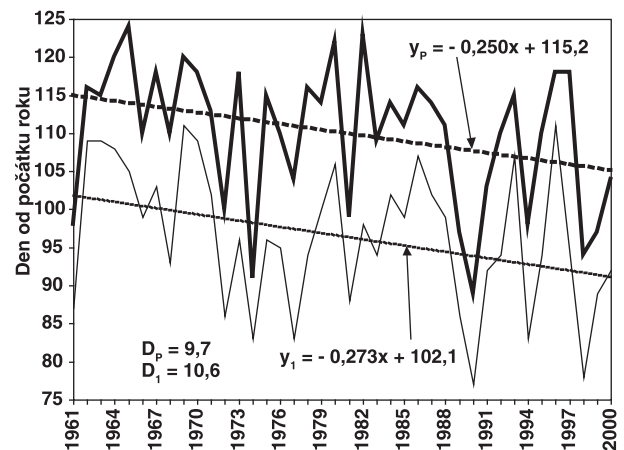
Fenofáze „1. květu“ se u jednotlivých druhů bylin liší. Nejdříve etapa kvetení začala u plicníku lékařského (89. den v roce), o 5 dní později u křivatce jarního (94. den v roce), po něm o 2 dny později začíná u dymnivky duté (96. den v roce), u sasanky pryskyřníkovité o 3 dny později po dymnivce duté (99. den v roce) a 3 dny po sasance pryskyřníkovité začala fenofáze prvního květu u orseje jarního (102. den v roce).

Obdobně jako stromy, keře a byliny reagovaly na vývoj klimatu i vybrané ptačí druhy. Za čtyřicetileté období se na zkoumané ploše datum prvního sneseného vejce v populaci brhlíka lesního posunulo o 6,5 dní do dřívější doby a průměrné datum prvních vajec všech zjištěných hnízdních párů jeho populace se posunulo o 7 dnů do dřívější doby (D_1 , resp. D_P na obr. 6), u sýkory modřinky se datum prvního vejce posunulo o 6,8 dnů a průměrné datum prvního vejce o 6 dnů (D_1 , resp. D_P na obr. 7), u sýkory koňadry se datum prvního vejce posunulo o 7 dnů a průměrné datum prvního vejce o 6,4 dnů (D_1 , resp. D_P na obr. 8), u lejska bělokrkého se datum prvního vejce posunulo o 6,8 dnů a průměrné datum prvního vejce



Obr. 4 Posun fenofází prvních květů (dolní část obrazu) a plného kvetení (horní část obrazu) u sasanky pryskyřníkovité (*Anemone ranunculoides*) za období 1961–2000. Vysvětlení hodnot y_1 , y_P , D_1 a D_P jako u obr. 1.

Fig. 4. The phenological shift of start of flowering (the lower part of the picture) and full flowering (the upper part of the picture) in the case of Yellow Anemone (*Anemone ranunculoides*) in the period 1961–2000. Explanations of the values y_1 , y_P , D_1 and D_P as by Fig. 1.



Obr. 5 Posun fenofází prvních květů (dolní část obrazu) a plného kvetení (horní část obrazu) u orseje jarního (*Ficaria verna*) za období 1961–2000. Vysvětlení hodnot y_1 , y_P , D_1 a D_P jako u obr. 1.

Fig. 5. The phenological shift of start of flowering (the lower part of the picture) and full flowering (the upper part of the picture) in the case of Lesser Celandine (*Ficaria verna*) in the period 1961–2000. Explanations of the values y_1 , y_P , D_1 and D_P as by Fig. 1.

ce o 8,1 dnů (D_1 , resp. D_P na obr. 9). Po vyhodnocení všech sledovaných ptačích druhů se datum prvního sneseného vejce v populaci posunulo o 6,8 dnů do dřívější doby a průměrné datum prvních vajec se posunulo o 6,9 dnů do dřívější doby. Po zaokrouhlení těchto údajů zjišťujeme, že oba soubory hodnot vykazují posun o 7 dnů do dřívější doby. Tato hodnota se shoduje s odpovídajícími hodnotami posunu rašení listů a plného olistění stromů také o 7 dnů.

Fenofáze „1. vejce“ začíná nejdříve u brhlíka lesního (101. den v roce), o 4 dny později u sýkory modřinky (105. den v roce), po sýkoře modřince o 4 dny později začíná u sýkory koňadry (109. den v roce) a po ní o 17 dní později začíná u lejska bělokrkého (126. den v roce).

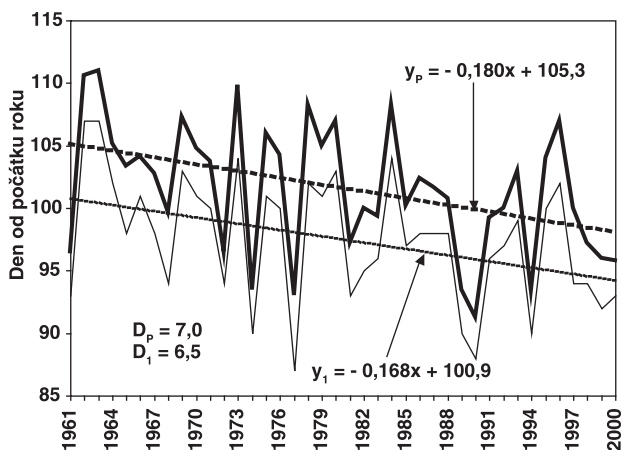
Posun hníždění lejska bělokrkého do dřívější doby souvisí s posunem data jeho jarního přiletu na hnízdiště. Podle poskytnutých údajů E. M. Hachlerem o pozorování přiletu

prvých jedinců lejska bělokrkého na jižní Moravu byl vypočten posun přiletu za období 1946–1976 o 9 dnů do dřívější doby.

Brhlík lesní, sýkora modřínka, sýkora koňadra a lejsk bělokrký jsou existenčně vázány i na stromové dutiny, kde nejenom přenocují, ukrývají se před deštěm, ale stromové dutiny využívají především ke hnízdění. Jde o relativně dlouhé období, které zahrnuje čtyři etapy – stavba hnízda, snášení vajec, sedění na vejcích a období hnízdní péče. Protože sýkora modřínka a sýkora koňadra v lužních lesích hnízdí dvakrát v roce, pak toto období zahrnuje více než tři měsíce přímé vazby na vyspělé jedince stromů. Další vztah mezi dřevinami a ptačími druhy je potravní. Hlavním zdrojem potravy jsou vývojová stadia hmyzu, především housenek. Jejich vývin začíná na příklad u obaleče dubového i píďalky podzimní v období rašení pupenů a listů. Vylíhlé housenky pronikají do rašících pupenů a listů, jejichž měkkými a šťavnatými listy se živí. Jestliže se rašení pupenů a listů dřevin za čtyřicetileté období posunulo do dřívější doby, pak i začátek vývoje housenek musí shodně reagovat na vývoj klimatu. Je známo, že líhnutí housenek v časném jaru je dřívější a v pozdním jaru pozdější.

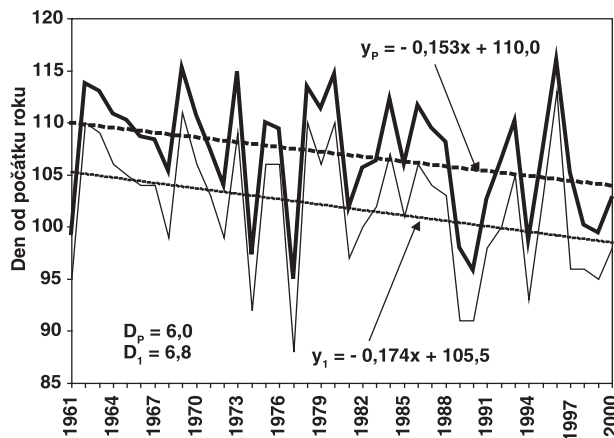
Z uvedených vztahů mezi posunem fenologických fází dřevin a ptačích druhů vyplývá, že se i fenologické fáze potravního řetězce budou posunovat do dřívější doby.

Vzhledem k tomu, že vybrané ptačí druhy žijí v prostoru korun stromů, vzniká otázka, zda na klimatickou změnu



Obr. 6 Posun fenofáze „prvého vejce“ (dolní část obrazu) a průměrných prvních vajec (horní část obrazu) u brhlíka lesního (*Sitta europaea*) za období 1961–2000. Vysvětlivky: y_1 – regresní přímka proložená daty prvního vejce v populaci v jednotlivých letech; 100,9 (101. den od počátku roku) je hodnota přímky v roce 1961. D_1 je rozdíl hodnot přímky v letech 2000 a 1961 a představuje posun dat prvního vejce za období čtyřicet let o 6,5 dní. y_p – regresní přímka proložená daty průměrných prvních vajec; 105,3 (105. den od počátku roku) je hodnota přímky v roce 1961. D_p je rozdíl hodnot přímky v letech 2000 a 1961 a představuje posun dat průměrných prvních vajec za období čtyřicet let o 7 dní.

Fig. 6. The phenological shift of first egg (the lower part of the picture) and average first eggs (the upper part of the picture) in the case of Nuthatch (*Sitta europaea*) in the period 1961–2000. Explanations: y_1 – regression line derived from the dates of the first egg in population each year; 100.9 (101st day from the beginning of the year) is the value of strait line in 1961. D_1 is the difference of the values of strait line in 2000 and 1961 and it represents the shift of dates of the first egg by 6.5 days over the period of forty years. y_p – regression line derived from dates of average first eggs; 105.3 (105th day from the beginning of the year) is the strait line value in 1961. D_p is the difference of the values of strait line in 2000 and 1961 and represents the shift of dates of average first eggs by 7 days over the period of forty years.



Obr. 7 Posun fenofáze „prvého vejce“ (dolní část obrazu) a průměrných prvních vajec (horní část obrazu) u sýkory modřínky (*Parus caeruleus*) za období 1961–2000. Vysvětlení hodnot y_1 , y_p , D_1 a D_p jako u obr. 6.

Fig. 7. The phenological shift of first egg (the lower part of the picture) and average first eggs (the upper part of the picture) in the case of Blue Tit (*Parus caeruleus*) in the period 1961–2000. Explanations of the values y_1 , y_p , D_1 and D_p as by Fig. 6.

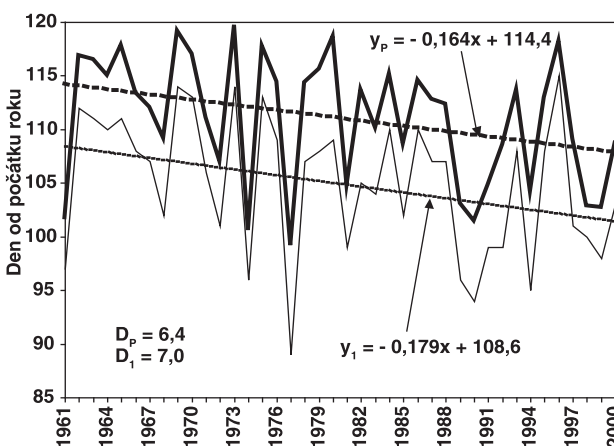
budou reagovat jednotně s fenologií stromové složky zkoumaného typu lužního lesa.

Ze srovnání posunu fenologických fází stromů [2] s posunem fenologických fází vybraných ptačích populací za čtyřicetileté období vyplývá jednotná shoda fenologických projevů. V obou případech se fenologické fáze posunuly o 7 dnů do dřívější doby.

4. DISKUZE

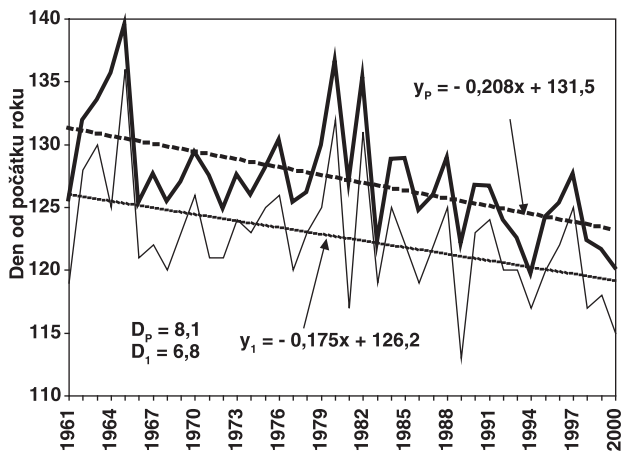
Na podkladě fenologických pozorování Královské meteorologické společnosti ve Velké Británii vyhodnotili autoři [6] vztah mezi kvetením sasanky hajní (*Anemone nemorosa*) a teplotou vzduchu za období 1891–1947. Analýza ukázala, že datum prvních květů významně souviselo s teplotou vzduchu a při vzrůstu teploty o 1 °C se fenofáze kvetení uspíšila o 3 až 6 dnů.

Kvetení sasanky hajní bylo sledováno i v Estonsku spolu s vybranými dřevinami a ptačími druhy. Za posledních 78 let



Obr. 8 Posun fenofáze „prvého vejce“ (dolní část obrazu) a průměrných prvních vajec (horní část obrazu) u sýkory koňadry (*Parus major*) za období 1961–2000. Vysvětlení hodnot y_1 , y_p , D_1 a D_p jako u obr. 6.

Fig. 8. The phenological shift of first egg (the lower part of the picture) and average first eggs (the upper part of the picture) in the case of Great Tit (*Parus major*) in the period 1961–2000. Explanations of the values y_1 , y_p , D_1 and D_p as by Fig. 6.



Obr. 9 Posun fenofáze „prvého vejce“ (dolní část obrazu) a průměrných prvních vajec (horní část obrazu) u lejska bělokrkého (*Ficedula albicollis*) za období 1961–2000. Vysvětlení hodnot y_1 , y_p , D_1 a D_p jako u obr. 6.

Fig. 9. The phenological shift of first egg (the lower part of the picture) and average first eggs (the upper part of the picture) in the case of Collared Flycatcher (*Ficedula albicollis*) in the period 1961–2000. Explanations of the values y_1 , y_p , D_1 and D_p as by Fig. 6.

minulého století se fenologické fáze kvetení a přelety ptačích druhů posunuly o 8 dní do dřívější doby [1].

Podle údajů z meteorologických satelitů zjistil kolektiv autorů [8] v mírném pásmu severní polokoule posun vegetačního období v letech 1981–1991 o 8 dní do dřívější doby.

V zahraniční literatuře je věnována značná pozornost objasňování vztahu mezi klimatickou změnou a reakcí populací ptačích druhů [3, 11, 12]. Uváděné údaje jsou nejednotné jednak v délce období pozorování a jednak ve zvolení etapy hnízdění. Za základ hodnocení se bere buď začátek snášení vajec, nebo začátek líhnutí mláďat. Většina autorů poukazuje na posun hnízdění ptačích druhů do dřívější doby a statistickými výpočty tento posun potvrzují, ale neuvádějí počet dnů posunu. Na příklad autoři práce [7] zjistili, že posun začátku snášení vajec v letech 1970–1996 je vysoce významný.

Autoři v práci [5] uvádějí, že se úspěšil začátek hnízdění ptáků ve Velké Británii v průměru o 8,8 dnů za 25leté období (1971–1995). Tento údaj odpovídá počtu dnů posunu začátku snášení vajec ptačích druhů v lužním lese uvedeném v této práci.

5. ZÁVĚR

Shrnutí výsledků zahrnuje jak již dříve publikované poznatky o fenologii dřevin [2], tak i výsledky fenologie bylin a ptáků.

Na vzrůst průměrné jarní teploty o 0,8 °C a průměrné roční teploty o 1 °C za čtyřicetileté období 1961–2000 reagovaly populace bylin a ptáků v habrojilmové jasenině lužního lesa uspěšením nástupu jejich jarních fenofází do dřívější doby.

1. V období jarního aspektu byliny reagovaly posunem začátku kvetení (1. květ) o 10 dnů a plného kvetení o 9 dnů do dřívější doby.
2. Ptačí druhy posunem data snesení prvního vejce v populaci o 7 dnů a průměrného data prvních vajec všech hnízdních párů také o 7 dnů.
3. Hodnoty posunu fenofází vybraných ptačích druhů se shodují s hodnotami posunu rašení listů a plného olistění stromů, také o 7 dnů. Shoda těchto posunů u stromů a zkoumaných ptačích druhů svědčí o jednotném působení

teploty v prostoru korun stromů na fenologické projevy obou zcela odlišných skupin populací.

4. Keře posunem začátku kvetení o 9 dnů a plného kvetení o 9 dnů do dřívější doby.
5. Z uvedených dílčích výsledků vyplývá, že jednotlivé složky lužního lesa reagovaly na klimatickou změnu shodným posunem do dřívější doby s dílčími časovými rozdíly. Největší posun začátku sledovaných fenofází byl zaznamenán u bylin – 10 dnů, kratší u keřů – 9 dnů a nejmenší u stromů a ptáků – 7 dnů.
6. Zkoumané populace rostlin a živočichů se postupně přizpůsobovaly vzrůstu průměrné jarní a roční teploty a zatím nejsou existenčně ohroženy současným vývojem klimatu.

Literatura

- [1] AHAS, R., 1999. Long-term phyto-, ornitho- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia. *International Journal of Biometeorology*, Vol. 42, Number 3, p. 119–123.
- [2] BAUER, Z., 2006. Fenologické tendence složek jihomoravského lužního lesa na příkladu habrojilmové jaseniny (*Ulmifraxineta carpini*) za období 1961–2000. Část I. Fenologie dřevin. *Meteorologické Zprávy*, roč. 59, č. 3, s. 80–85.
- [3] BOTH, C. – ARTEMYEV, A.V. – BLAAUW, B. et al., 2004. Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 271, p. 1657–1662.
- [4] COUFAL, L. – HOUŠKA, V. – REITSCHLÄGER, J.D. – VALTER, J. – VRÁBLÍK, T., 2004. Fenologický atlas. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 263 s.
- [5] CRICK, H.Q.P. – DUDLEY, C. – GLUE, D.E. – THOMSON, D.L., 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature*, Vol. 388, 7. August, p. 526.
- [6] HEYES, V. – SPARKS, T., 2003. An investigation into the relationship between Wood anemone (*Anemone nemorosa*) flowering and temperature at the regional scale. Book of Abstracts Challenging Times. Wageningen, 31 March to 2 April, 2003.
- [7] MCCLEERY, R. H. – PERRINS, C. M., 1998. ...temperature and egg-laying trends. *Nature*, Vol. 391, p. 30 – 31.
- [8] MYNENI, R.B. – KEELING, C.D. – TUCKER, C.J. – ASRAR, G. – NEMANI, R. R., 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, Vol. 386, p. 698–702.
- [9] Návod pro činnost fenologických stanic ČHMÚ. Metodický předpis č. 10, Lesní rostliny. Praha, 1987.
- [10] PIFFLOVÁ, L. – BRABLEC, J. – LENNER, V. – MINÁŘ, M., 1956. Příručka pro fenologické pozorovatele. Praha: Hydrometeorologický ústav.
- [11] VISSER, M. E. – ADRIAENSEN, F. – BALEN, J.H. et al., 2003. Variable responses to large-scale climate change in European *Parus* populations. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, Vol. 270, p.367–372.
- [12] WINKEL, W. – HUDDE H., 1997. Long-term trends in reproductive traits of tits (*Parus major*, *P. caeruleus*) and Pied Flycatchers (*Ficedula hypoleuca*). *Journal of avian biology*, Vol. 28, 2.

Lektoři Ing. J. Nekovář, CSc. a RNDr. Ing. J. Rožnovský, CSc., rukopis odevzdán v květnu 2006.

MONITORING ZÁSoby VYUŽITELNÉ VODY V POVRCHOVÉ VRSTVĚ PŮDY POD TRAVNÍM POROSTEM

Monitoring of usable water supply in the surface soil layer under the grassland. Usable water supply in the top soil of ten centimetres under the grassland is calculated from actual measurements of soil moisture and select basic hydrolimits. Extremely low, very low, low, sufficient and good supply of usable water are differentiated. Results of the assessment are evaluated once a day in the form of a cartogram dividing supplies of usable water according to districts. In case of meeting the conditions text warnings about the fall of usable water supplies to a very low level are written for individual regions. Monitoring outputs are used especially in the warning service and in the system of operational information for agriculture. In the contribution examples of the water supply monitoring for the Czech Republic in 2005 are given.

KLÍČOVÁ SLOVA: sucho – zásoba vody v půdě – vlhkost půdy

KEY WORDS: drought – usable water supply – soil moisture

1. ÚVOD

Pro monitoring sucha se využívá celá řada metod, lišících se časovým intervalem zpracování, způsobem výpočtu a tím, pro koho jsou určeny. K neznámějším patří indexy PDSI (Palmer Drought Severity Index) a SPI (Standardized Precipitation Index), které se nejčastěji počítají jedenkrát měsíčně, ale výpočet lze provést i častěji, například v týdenním intervalu. Pro monitoring sucha se v USA používají kromě obou výše zmíněných metod index CMI (Crop Moisture Index), SWSI (Surface Water Supply Index), RDI (Reclamation Drought Index) a statistické hodnocení spadlých srážek [1, 2, 3].

V rámci monitoringu sucha využívá ČHMÚ metodu vláhové bilance, počítající ze standardních meteorologických dat (globálního záření, teploty a vlhkosti vzduchu, rychlosti větru a srážek) nejčastěji průměrnou vlhkost půdy v profilu 0 až 60 cm [4, 5, 6]. V rámci bilance je zvlášť komplikované simulovat pohyb vody v půdě, který je závislý na jejím typu a aktuálním obsahu vody. Lze jej obtížně vyjádřit analyticky i modelově-numericke a samotný princip jeví se někdy zastíněn přidruženými efekty [7]. Směrem k povrchu půdy se dynamika vláhy dramaticky zvyšuje a tím se zákonitě zhoršují výsledky bilančních modelů [8]. Tématem tohoto příspěvku je využití měření vlhkosti půdy pro monitorování zásob využitelné vody v nejsvrchnější vrstvě půdy pod travním porostem.

2. MĚŘENÍ VLHKOSTI PŮDY

Přímá měření půdní vlhkosti jsou velmi pracná, proto jsou stále více využívány metody nepřímé, využívající závislosti půdní vlhkosti na jiné fyzikální veličině. K neznámějším patří metoda TDR (time domain reflectometry), která je založena na měření postupové rychlosti elektromagnetické vlny o vysoké frekvenci podél dvou až tří transmisních tyčí vtačených rovnoběžně do půdy. Tato metoda je poměrně velmi přesná a spolehlivá, zařízení je ovšem velmi drahé, stejně tak náročné na kvalifikovanou obsluhu a vyhodnocení. Z tohoto důvodu ČHMÚ zvolil lacinější metodu TDT (time domain transmissometry) na základě dobrých zkušeností s tímto typem měření na observatoři Doksany [9]. Metoda je založena na změnách fázové rychlosti šíření elektromagnetického signálu v závislosti na objemové vlhkosti měřeného materiálu. Objemová vlhkost půdy je v současnosti monitorována na 38 stanicích ve třech vrstvách: 0 až 10 cm, 10 až 50 a 50 až 90 cm sníma-

či VIRRIB, které jsou připojeny k automatizovaným měřicím systémům. Detailnější informace o všech měřicích místech jsou přístupné na webu ČHMÚ. Měřicí stanice byly vybrány s ohledem na co nejvyšší reprezentativnost a samotnému výběru předcházela podrobný hydro-pedologický průzkum [10].

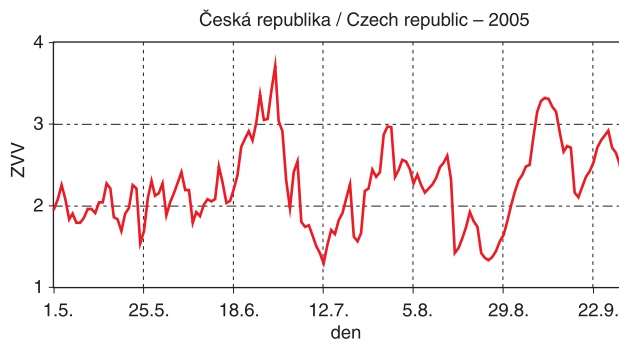
Kalibrace snímačů se provádí na observatoři Doksany. V průběhu roku 2004 pracovníci observatoře provedli kalibraci samotných měřicích systémů a z důvodů půdní heterogenity na měřicích stanovištích i ověření již stanovených základních hydrolimitů.

3. UŽITÁ METODA

Zásoba využitelné vody ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod travním porostem (ZVV) v procentech se počítá podle vzorce:

$$ZVV = \frac{W - BV}{VVK} \cdot 100$$

kde W je hodnota změřené objemové vlhkosti půdy ve vrstvě 0–10 cm, BV je bod vadnutí, VVK je využitelná vodní kapacita, která je stanovena jako rozdíl polní vodní kapacity a bodu vadnutí. W, BV a VVK jsou vyjádřeny v objemových procentech. Objemové vlhkosti půdy jsou měřeny kontinuálně, každých patnáct minut jsou odesílány spolu s dalšími daty do klimatické databáze. V případě krátkodobého výpad-



Obr. 1 Chod průměrné zásoby využitelné vody v České republice od 1. 5.–30. 9. 2005.

Fig. 1. The course of average usable water supply in the Czech Republic from 1 May to 30 September 2005.

ku měření na konkrétní stanici jsou údaje dopočítány bilančním modelem IHS [6].

Bod vadnutí (BV) a polní vodní kapacita (PVK) patří k základním hydrolimitům, jsou stanovovány na základě hydropedologického průřezu pro konkrétní půdní profil. PVK představuje maximální množství vody (horní mezní hodnotu vodního režimu půdy), které je půda schopna udržet vlastními vnitřními silami v téměř rovnovážném stavu proti působení gravitační síly. BV odpovídá stavu půdní vlhkosti, při kterém se výrazně omezuje vývoj rostlin, je to kritický stav nejnižší zásoby půdní vláhy.

V tab.1 je uvedeno zjednodušené hodnocení zásob využitelné vody ve vrstvě 0–10 cm pod travním porostem do pěti skupin, je zde rozlišována extrémně nízká, velmi nízká, nízká, dostatečná a dobrá zásoba. Pro snadnější identifikaci je každá ze skupin označena číslem 1 (dobrá zásoba) až 5 (extrémně nízká zásoba). Z vypočtených zásob využitelné vody na jednotlivých stanicích je sestavován kartogram v aplikaci MicroSoft Map, zpracování se provádí podle okresů. Vytvořené kompozice lze snadno sdílet s dalšími programy v rámci MS Office. Při poklesu ZVV pod 20% alespoň na dvou stanicích v kraji se zpracovává pro daný kraj textové upozornění na pokles zásob využitelné vody na velmi nízkou úroveň.

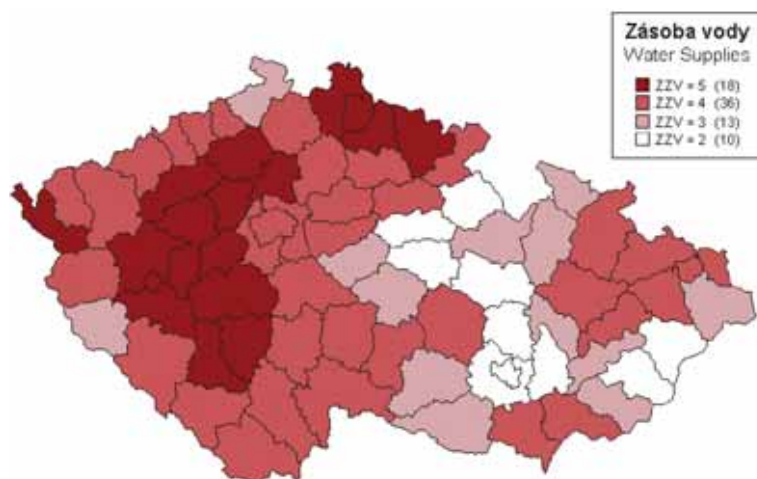
Tab. 1 Hodnocení zásob využitelné vody ve vrstvě 0–10 cm pod travním porostem.

Table 1. Assessment of usable water supply in the layer of 0–10 cm under the grassland.

Zásoba využitelné vody	%
extrémně nízká – 5	< 10
velmi nízká – 4	10 – 20
nízká – 3	20 – 40
dostatečná – 2	40 – 60
dobrá – 1	> 60

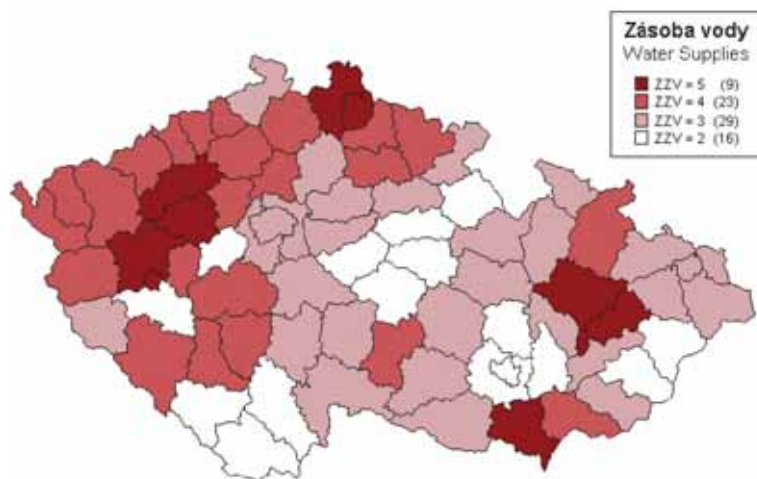
4. VÝSLEDKY

Monitoring zásob využitelné vody ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod travním porostem byl spuštěn ve zkušebním režimu začátkem roku 2005. Výpočet byl prováděn jedenkrát denně, výsledky byly zpřístupněny na webu ČHMÚ. Velkou inspirací byl systém Mesonet provozovaný v americkém státě Oklahoma (www.mesonet.org), který na ploše 2,3 x větší než ČR využívá 115 stanic s měřením vlhkosti půdy pro monitoring sucha. Při plánování projektu se počítalo s postupným začleňováním dalších indexů pro monitoring sucha (vč. PDSI a SPI) k získání komplexnějšího pohledu. ČHMÚ se bohužel nepodařilo získat pro tento projekt grantovou podporu.



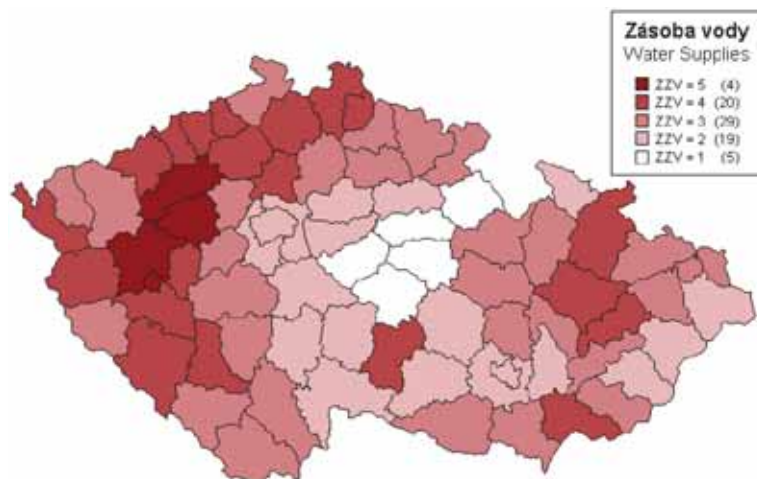
Obr. 2 Rozložení zásoby využitelné vody v jednotlivých okresech České republiky 29. 6. 2005 v 7 hodin

Fig. 2. Distribution of usable water supply in individual districts of CR on 29 June 2005 at 7 a. m..



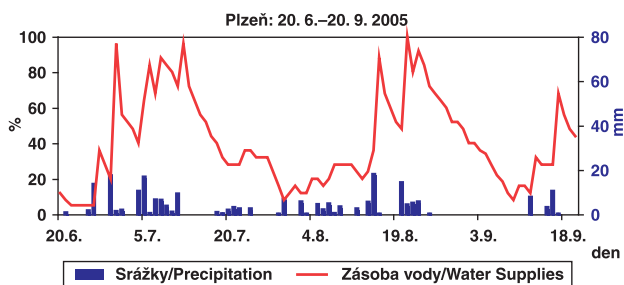
Obr. 3 Rozložení zásoby využitelné vody v jednotlivých okresech České republiky 9. 9. 2005 v 7 hodin.

Fig. 3. Distribution of usable water supply in individual districts of CR on 9 September 2005 at 7 a. m.



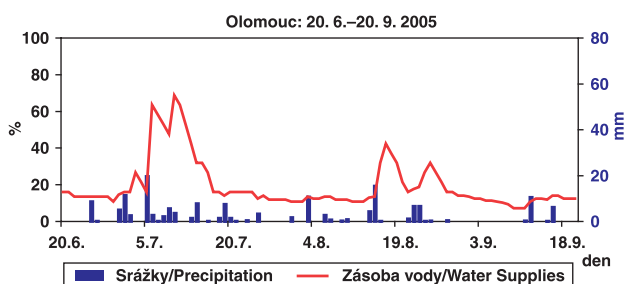
Obr. 4 Rozložení zásoby využitelné vody v jednotlivých okresech České republiky 29. 7. 2005 v 7 hodin.

Fig. 4. Distribution of usable water supply in individual districts of CR on 29 July 2005 at 7 a. m.



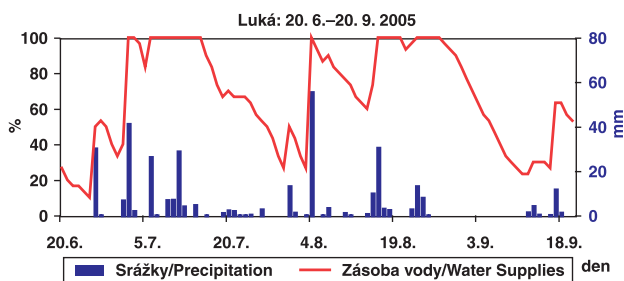
Obr. 5 Denní chod zásoby využitelné vody v procentech a atmosférických srážek v milimetrech v období 20. 6.–20. 9. 2005 na stanici Plzeň-Mikulka (360m n. m.).

Fig. 5. The daily course of usable water supply in per cents and atmospheric precipitation in mm in the period of 20 June – 20 September 2005 at the station Plzeň-Mikulka (360m a. s. l.)



Obr. 6 Denní chod zásob využitelné vody v procentech a atmosférických srážek v milimetrech v období 20. 6.–20. 9. 2005 na stanici Olomouc (210m n. m.).

Fig. 6. The daily course of usable water supply in per cents and atmospheric precipitation in mm in the period of 20 June – 2 September 2005 at the station Olomouc (210m a. s. l.).



Obr. 7 Denní chod zásob využitelné vody v procentech a atmosférických srážek v milimetrech v období 20. 6.–20. 9. 2005 na stanici Luká (510m n. m.).

Fig. 7. The daily course of usable water supply in per cents and atmospheric precipitation in mm in the period 20 June – 20 September at the station Luká (510m a. s. l.).

V zimním období roku 2005 převládala na všech lokalitách dobrá zásoba využitelné vláhy, v březnu až dubnu dobrá až dostatečná. Od května do října ve většině okresů dostatečná zásoba využitelné vody, s výjimkou velmi krátkých několikadenních úseků koncem června, července a první dekády září. K nejvyšším poklesům zásob využitelné vody docházelo v západní části Čech. Od listopadu postupně opět dominovala dobrá zásoba využitelné vody.

Na obr. 1 je znázorněn chod průměrné zásoby využitelné vody za celou Českou republiku od 1. 5. do 30. 9. 2005. Průměrná hodnota ZVV za toto období byla 2,2, odpovídající dostatečné zásobě využitelné vody. Z grafu jsou pat-

né tři významné vrcholy, nejvyšší 29. 6. (ZVV = 3,7) s nízkou až velmi nízkou zásobou, dílčí 9. 9. (ZVV = 3,3) a 29. 7. (ZVV = 2,9) s nízkou zásobou.

Nejnižší průměrná hodnota zásob využitelné vody pro ČR byla zaznamenána koncem června, kdy maximální teploty vzduchu dosáhly až 33 °C. Na obr. 2 je znázorněno rozložení zásoby využitelné vody v jednotlivých okresech ČR 29. 6. 2005 v 7 hodin. Extrémně nízká zásoba byla zaznamenána v 18 okresech, velmi nízká zásoba v 36 okresech a nízká zásoba ve 13 okresech. Ve všech krajích s výjimkou Pardubického a Zlínského kraje byl zaznamenán pokles zásoby využitelné vody ve svrchní vrstvě půdy až na velmi nízkou úroveň.

Druhá nejnižší průměrná hodnota zásob využitelné vody pro ČR byla zaznamenána koncem první dekády září, kdy maximální teploty vzduchu dosáhly až 30 °C. Na obr. 3 je znázorněno rozložení zásoby využitelné vody v jednotlivých okresech ČR 9. 9. 2005 v 7 hodin. Extrémně nízká zásoba byla zaznamenána v 9 okresech, velmi nízká zásoba ve 23 okresech a nízká zásoba v 29 okresech. V Plzeňském, Karlovarském, Ústeckém, Libereckém, Olomouckém a Jiho-moravském kraji byl zaznamenán pokles zásoby využitelné vody ve svrchní vrstvě půdy až na velmi nízkou úroveň.

Třetí nejnižší průměrná hodnota zásob využitelné vody pro ČR byla zaznamenána koncem července, kdy maximální teploty vzduchu dosáhly až 38 °C. Na obr. 4 je znázorněno rozložení zásoby využitelné vody v jednotlivých okresech ČR 29. 7. 2005 v 7 hodin. Extrémně nízká zásoba byla zaznamenána ve 4 okresech, velmi nízká zásoba ve 20 okresech a nízká zásoba ve 29 okresech. V Plzeňském, Karlovarském, Ústeckém a Libereckém kraji byl zaznamenán pokles zásoby využitelné vody ve svrchní vrstvě půdy až na velmi nízkou úroveň.

Na obr. 5 je znázorněn denní chod zásob využitelné vody v procentech a srážek v milimetrech v období od 20. 6. do 20. 9. 2005 na stanici Plzeň-Mikulka (360m n. m.). Z obrázku je patrné značné kolísání zásob vody během sledovaného období s nejnižšími zásobami koncem června a července a v první dekádě září.

Denní monitoring zásob využitelné vody potvrdil komplikovanost pohybu vody v půdě. Při velmi nízké zásobě vody zvláště na těžších půdách dochází k vytváření sítě širokých a hlubokých trhlin, které způsobují, že srážková voda rychle proniká hluboko do půdy, přičemž povrchová vrstva se zvlhčuje jen nepatrně. Uvedený jev je dobře patrný na obr. 6, který znázorňuje denní chod zásob využitelné vody v procentech a srážek v milimetrech v období od 20. 6. do 20. 9. 2005 na stanici Olomouc (210m n. m.). Z obrázku je patrná malá dynamika vodního režimu s převládající nízkou až velmi nízkou zásobou využitelné vody. Pro srovnání je na obr. 7 znázorněn denní chod zásob využitelné vody a srážek za stejné období pro stanici Luká (510m n. m.), která je vzdálena jen ca 25 km od stanice v Olomouci. Z obrázku je naopak patrné velmi výrazné kolísání zásoby využitelné vody ve sledovaném období.

Výstupy monitoringu zásob využitelné vody jsou jedním ze vstupů pro výpočet Indexu nebezpečí požárů (INP), který je počítán v observatoři Doksany pro Systém integrované výstražné služby (SIVS) a slouží pro vydávání výstražných informací na nebezpečný jev – sucho s nebezpečím požárů a extrémní sucho s nebezpečím požárů [11]. Výstupy monitoringu najdou své uplatnění i při testování nového systému poskytování operativních informací pro zemědělství [12].

5. ZÁVĚR

Monitoring zásob využitelné vody ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod travním porostem je výsledkem snahy využít unikátních měření vlhkosti půdy v síti ČHMÚ. Díky jejich snadné dostupnosti lze výpočet zásob provádět prakticky kdykoliv, nejenom jedenkrát denně jako doposud. Výsledky zpracování jsou dostupné ve formě kartogramu na webu ČHMÚ. V případě splnění podmínek se zpracovávají pro jednotlivé kraje textová upozornění na pokles zásob využitelné vody na velmi nízkou úroveň. Výstupy monitoringu naleznou své uplatnění především v operativě – ve výstražné službě a v systému operativních informací pro zemědělství. Výhledově se počítá se zpřístupněním výsledků v on line režimu pro všechny měřené hloubky na webu ČHMÚ. Pro získání komplexnějšího pohledu na problematiku sucha by bylo dobré doplnit informace na webu o další indexy a výstupy bilančních modelů, podobně jako je tomu v USA.

Literatura

- [1] PALMER, W.C., 1965. Meteorological drought. In: Research Paper, No. 45. Washington, D.C.: Weather Bureau. 58 s.
- [2] MCKEE, T.B. – DOESKEN, N.J. – KLEIST, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints. Eight Conf. On Applied Climatology. Anaheim: American Meteorological Society, p. 179–184.
- [3] ŽALUD, Z. – TRNKA, M. – DUBROVSKÝ, M. – SVOBODA, M. et. al., 2005. Methodology for assessment of drought episodes under present and expected climate conditions. In.: Bioklimatologie současnosti a budoucnosti. Praha: Česká bioklimatologická společnost a Český hydrometeorologický ústav, s. 91–92. ISBN 80-86690-31-8.
- [4] KOTT, I. – MOŽNÝ, M. – VALTER, J., 2003. Soil climate within excessive Weather Situations. Dresden: 5. BIOMET-Tatung: Agrarmeteorologie, p. 106–108. ISSN 1436-5235, ISBN 3-86005-396-5.
- [5] PAVLÍK, J. – NĚMEC, L. – TOLASZ, R. – VALTER, J., 2003. Mimořádné léto roku 2003 v České republice. *Meteorologické Zprávy*, roč. 56, č. 6, s. 161–165. ISSN 0026-1173.
- [6] MOŽNÝ, M., 2004. Hodnocení sucha na území ČR v letech 1891 – 2003. In: Extrémy počasí a podnebí. Brno: Česká bioklimatologická společnost, s. 10. ISBN 80-86690-12-1.
- [7] KUTÍLEK, M. – KURÁŽ, V. – CÍSLEROVÁ, M., 2004. *Hydropedologie 10*. Praha: ČVUT. 176 s. ISBN 80-01-02237-4.
- [8] MOŽNÝ, M. – BAREŠ, D., 2005. Ověřování německého systému AMBER v Česku. In.: Evaporace a evapotranspirace. Praha: Česká bioklimatologická společnost a Český hydrometeorologický ústav, s. 23–24. ISBN 80-86690-24-5.
- [9] MOŽNÝ, M., 1999. Zkušenosti s měřením vlhkosti půdy snímači VIRRIB. *Meteorologické Zprávy*, roč. 52, č. 5, s. 140–143. ISSN 0026-1173.
- [10] MOŽNÝ, M. – BAREŠ, D., 2005. Problematika agrometeorologických měření v ČHMÚ. In: Historie, současnost a budoucnost meteorologických měření a pozorování. Seminář ČMeS. Teplice, 4.–6. 10. 2005.
- [11] MOŽNÝ, M. – BAREŠ, D., 2005. Monitoring a prognóza nebezpečných biometeorologických jevů. In: Bioklimatologie současnosti a budoucnosti. Praha: Česká bioklimatologická společnost a Český hydrometeorologický ústav. 64 s. ISBN 80-86690-31-8.
- [12] BAREŠ, D. – MOŽNÝ, M., 2005. Testování nového systému poskytování operativních informací pro zemědělství. In: Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí. Seminář ČSBS, Úpice 17.–19. 5. 2005.

Lektor RNDr. Mojmir Kohut, rukopis odevzdán v únoru 2006.



Mikrometeorologická měření v porostech zemědělských plodin na agrometeorologické observatoři ČHMÚ v Doksanech.

Micrometeorological measurements in agriculture crops plantations at the ČHMÚ's agrometeorological observatory at Doksany.

PŘÍVALOVÉ SRÁŽKY VE DNECH

23. A 30. KVĚTNA 2005

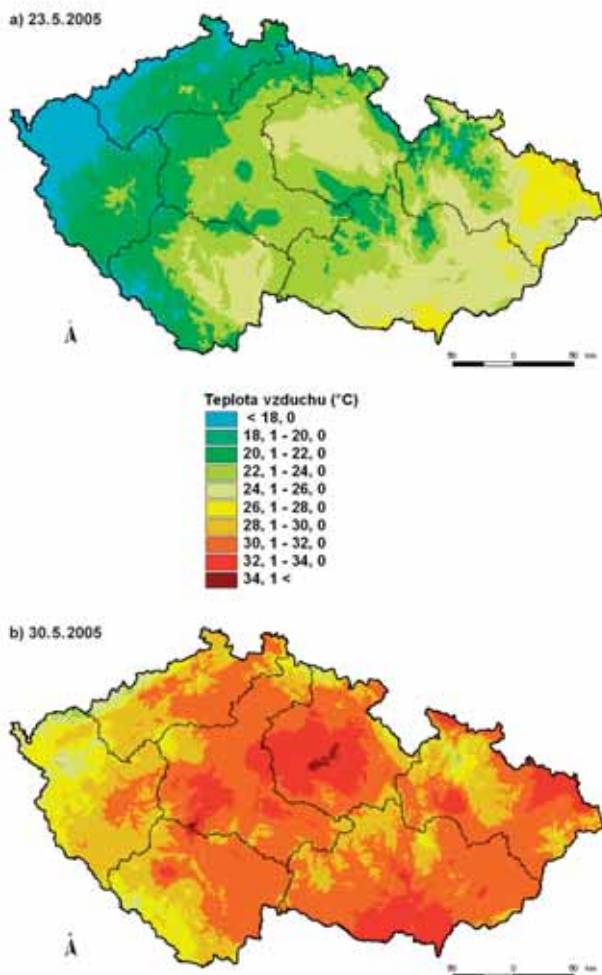
Jedním z extrémních projevů počasí, které se dostávají v poslední době stále více do popředí zájmu, jsou zejména intenzivní přívalové srážky, které mohou vyvolat hydrologickou odezvu na tocích – povodně. Je to již více než rok, kdy přívalové srážky ve dnech 23. a 30. května 2005 postihly území České republiky. Na mnohých místech byly srážky doprovázeny vydatným krupobitím a na několika menších tocích vyvolaly povodňovou vlnu. Následky těchto průtrží mračen byly vyčísleny na několik desítek milionů korun a došlo i k ohrožení lidských životů.

Přívalové srážky v měsíci květnu nejsou žádnou výjimkou. Vyskytují se sice méně často, ale denní úhrny srážek mohou přesáhnout i 150,0 mm, např. 16. května 1889 Kbel (okr. Plzeň) 180,0 mm, 23. května 1897 Čistá (okr. Semily) 200,0 mm, 29. května 1971 Ostružná, Ramzová (okr. Jeseník) 160,4 mm. Nejvyšší intenzita srážek na území ČR byla zaznamenána právě v tomto měsíci, a sice 25. května 1872 v Mladoticích (okr. Plzeň-sever), kdy za ca 1.5 h spadlo přibližně 237 mm srážek [1]. Intenzivní srážky v tomto jarním období

mohou být zvláště nebezpečné, neboť ještě není zcela vyvinut vegetační kryt, což může přispívat ke zvyšování kulmičních průtoků.

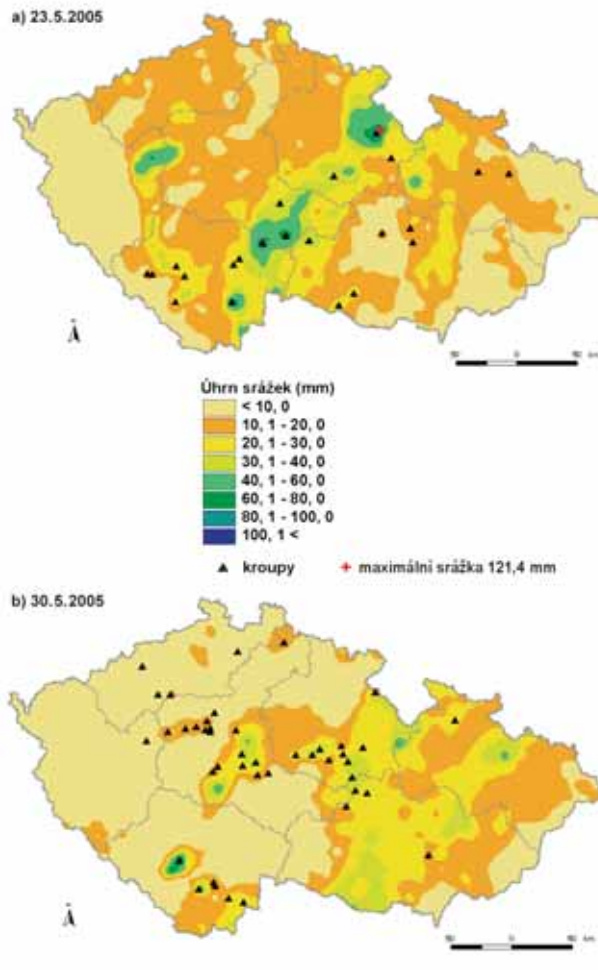
Květen 2005 byl z hlediska povětrnostních anomálií teplotně i srážkově velmi zajímavý. Maximální teplota vzduchu přesáhla 30,0 °C a denní úhrn srážek na některých místech 100,0 mm. Nejvyšší hodnoty v rámci celé ČR byly naměřeny na území pobočky ČHMÚ Hradec Králové. Teplota vzduchu 30. května na stanici Pardubice dosáhla 34,4 °C a úhrn srážek 23. května na stanici Rychnov nad Kněžnou 121,4 mm (obr. 1 a 2), kdy se jednalo o nejvyšší naměřený denní srážkový úhrn na území ČR v roce 2005. Meteorologická situace byla analyzována za pomoci synoptických přízemních i výškových map, aerologických výstupů, radiolokačních měření, družicových snímků, dále pak měřených a pozorovaných prvků z klimatologických a synoptických stanic Dešné v Orlických horách, Rychnov nad Kněžnou a Ústí nad Orlicí, které leží na území jmenované pobočky.

V prvním popisovaném případě dne 23. května se v ranních a dopoledních hodinách na přední části brázdy nízkého tlaku vzduchu vytvořila čára instability, na které se vyskyto-



Obr. 1 Maximální teploty vzduchu v České republice ve dnech a) 23. a b) 30. května 2005.

Fig. 1. Maximal air temperature in the Czech Republic on a) 23 and b) 30 May 2005.



Obr. 2 Denní úhrny srážek a výskyt krupobití v České republice ve dnech a) 23. a b) 30. května 2005.

Fig. 2. Daily precipitation amounts and the occurrence of hailstorm in the Czech Republic on a) 23 and b) 30 May 2005.



Obr. 3 Průběh teploty vzduchu, srážek a vlhkosti vzduchu na stanici Rychnov nad Kněžnou a tlaku vzduchu na stanici Ústí nad Orlicí ve dnech 23.–24. května 2005.

Fig. 3. The course of air temperature, precipitation and air humidity at the station Rychnov nad Kněžnou and air pressure at the station Ústí nad Orlicí on 23–24 May 2005.

valy přeháňky a bouřky bez významnější srážkových úhrnů. Za ní postupovala zvlněná studená fronta od západu přes území České republiky a v odpoledních hodinách začala ovlivňovat oblast Českomoravské vrchoviny a východních Čech. Teplá advekce byla vystřídána přílivem chladnějšího vzduchu od severozápadu. Ve vyšších vrstvách atmosféry ležela střední Evropa na předním okraji výškové brázd nad západní Evropou. Při dalším postupu zvlněného frontálního rozhraní na východ až severovýchod se začaly vytvářet četné bouřky, místy s vydatnými přeháňkami a krupobitím. Zvlněná studená fronta se začala přesouvat přes Orlické hory a v přízemní hladině se vytvořila nad česko-slovensko-polským pomezím mělká cyklona (1012 hPa), která spolu se zvlněným rozhraním postupovala dále na severovýchod a postupně se vyplňovala (podle analýzy přízemních map z termínů 23. května 2005 18.00 UTC a 24. května 2005 03.00 UTC). Dne 24. května ráno se od jihozápadu do střední Evropy začal opět rozšiřovat výběžek předního okraje tlakové výše se středem nad Švýcarskem a projevy zvlněné studené fronty zeslábly.

Chod jednotlivých meteorologických prvků při přechodu zvlněné studené fronty je podrobně znázorněn na obr. 3 a 4 na stanici Rychnov nad Kněžnou. Na stanici Ústí nad



Obr. 5 Průběh teploty vzduchu, srážek a vlhkosti vzduchu na stanici Deštné v Orlických horách a tlaku vzduchu na stanici Ústí nad Orlicí ve dnech 30.–31. května 2005.

Fig. 5. The course of air temperature, precipitation and air humidity at the station Deštné v Orlických horách and air pressure at the station Ústí nad Orlicí on 30–31 May 2005.

Orlicí byla pozorována v ranních hodinách nízká vrstevnato-kupovitá oblačnost Sc cumulogenitus společně se střední oblačností Ac castellanus signalizující labilní zvrstvení atmosféry a začala se vytvářet kupovitá oblačnost Cu mediocris postupně se vyvíjející do Cu congestus, zároveň byl pozorován i vzdálený Cb calvus. V odpoledních hodinách (16.00) se začala s blížící studenou frontou vytvářet bouřková oblačnost Cb capillatus, která k večeru s ustáváním bouřkové činnosti přecházela do Cb calvus a zároveň se vyskytovaly Cu a vrstevnatá oblačnost St fractus.

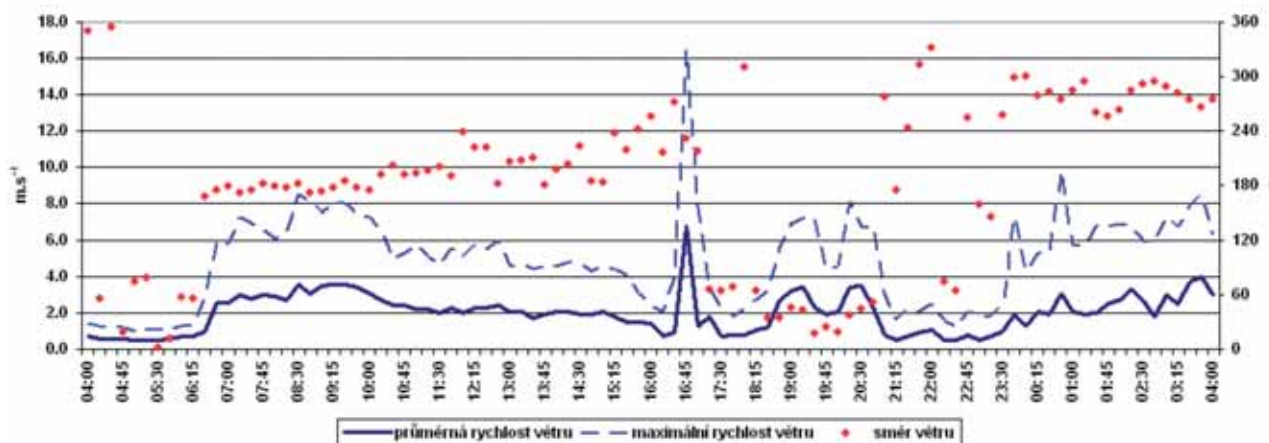
Nejvyšší denní úhrn srážek 121,4 mm byl naměřen na stanici Rychnov nad Kněžnou, z toho 96,8 mm spadlo v časovém intervalu 17.45–19.00, tzn. za 75 minut. V termínu 17.45–18.00 byl zaznamenán déšť o intenzitě 2 a v 18.00–19.05 o intenzitě 3, dále byla pozorována blížící bouřka v čase 17.37–21.35 o intenzitě 3 a krupobití v 17.56–18.15 o intenzitě 2. Podle [2], kde je uveden vztah mezi množstvím spadlých srážek v mm a dobou jejich trvání (průměr pro české povodí Labe), se jednalo o velmi intenzivní srážku s pravděpodobností výskytu větší než 200 let. Tento vysoký úhrn srážek souvisel s již zmiňovanou mělkou cyklonou. Na stanici Javornice vzdálené asi 4 km severovýchodně od Rychnova nad Kněžnou



Obr. 4 Průměrná a maximální rychlost větru a průměrný směr větru na stanici Rychnov nad Kněžnou ve dnech 23.–24. května 2005.

Fig. 4. Average and maximal wind speed and direction at the station Rychnov nad Kněžnou on 23–24 May 2005.

Deštné v Orlických horách 30.-31.5.2005



Obr. 6 Průměrná a maximální rychlost větru a průměrný směr větru na stanici Deštné v Orlických horách ve dnech 30.–31. května 2005.

Fig. 6. Average and maximal wind speed and direction at the station Deštné v Orlických horách on 30–31 May 2005.

bylo naměřeno pouze 20,4 mm, což dokladuje lokální výskyt přívalových srážek. Tato stanice je součástí Lokálního varovného protipovodňového systému (LVPS) města Rychnov nad Kněžnou. Přes 50 mm za den bylo pak naměřeno na 17 stanicích v ČR, např. Ledec nad Sázavou 84,2 mm, Pelhřimov 75,3 mm (obě z pobočky ČHMÚ Praha) a Černovice 73,3 mm (pobočka ČHMÚ České Budějovice). Bouřky spojené s frontálním systémem byly přítomny zaznamenány na většině stanic v ČR. Krupobití bylo pozorováno v odpoledních až večerních hodinách na 23 stanicích a souviselo převážně s maximálními srážkami (obr. 2). Dne 23. května byl na 39 stanicích zaznamenán letní den, kdy teplota vzduchu dosáhla 25,0 °C a více (nikde však nepřesáhla 30,0 °C). Nejvyšší teploty vzduchu byly naměřeny především na Ostravsku (stanice Karviná 29,2 °C). Východní polovina České republiky byla výrazně teplejší, na západě se již začal projevovat vliv studené fronty postupující od severozápadu (obr. 1). Na stanici Rychnov nad Kněžnou (obr. 4) převládalo před postupující zvlněnou studenou frontou zpočátku jihovýchodní až jižní proudění, které se s přibližujícím frontálním rozhraním měnilo na jižní až jihozápadní s velmi slabými průměrnými rychlostmi větru kolem 2 m.s⁻¹ a s maximálními rychlostmi do 8 m.s⁻¹. Při přechodu zvlněné studené fronty mezi 17.00 až 19.00 h vítr v bouřkách přechodně zesiloval. Po přechodu fronty se proudění změnilo na západní až severozápadní s obdobnými rychlostmi jako před frontou.

V druhém popisovaném případě dne 30. května začala v ranních hodinách přes ČR od západu pomalu postupovat mělká tlaková níže (1012 hPa) se zvlněnou studenou frontou, na které se ještě nevyskytovaly výrazné teplotní kontrasty. Střed mělké cyklony ležel v termínu 03.00 UTC nad Bavorskem a do odpoledních hodin se přemístil nad severní Moravu a Polsko. Odpoledne ovlivňovala tato cyklona počasí v oblasti středních a východních Čech přeháňkami a bouřkami. Podružná studená fronta s výrazným teplotním kontrastem rychle postupovala po předním okraji tlakové výše 1029 hPa se středem nad Biskajským zálivem přes Benelux, Francii a Německo do střední Evropy. Při svém dalším pohybu na východ svůj postup zpomalila, začala se vlnit, což bylo doprovázeno intenzivními srážkami, bouřkami a krupobitím. Počasí nad východními Čechami začala pak ovlivňovat v pozdních odpoledních a večerních hodinách. Za frontou k nám začal

proudit od severozápadu chladný vzduch (podle analyzovaných přízemních map z termínů 30. května 2005 12.00 až 21.00 UTC a 31. května 2005 00.00 a 03.00 UTC dosahovaly teploty odpoledne před frontou kolem 28 °C, za frontou jen asi 20 °C s dalším postupným ochlazením). Přechod této fronty je znatelný na přiložených grafech průběhu jednotlivých meteorologických prvků na stanici Deštné v Orlických horách (obr. 5 a 6). Opět je zde vidět charakteristický chod prvků při přechodu studené fronty jako v případě 23. května.

Chod oblačnosti na stanici Ústí nad Orlicí byl následující: ráno a dopoledne začala přibývat vysoká oblačnost Ci, v poledních hodinách se začala tvořit kupovitá oblačnost Cu, která se během odpoledne vyvíjela do Cb s bouřkovou činností. K večeru se bouřková a další mohutná kupovitá oblačnost rozpadla a vyskytovala se již pouze střední oblačnost Ac lenticularis a později As opacus.

Nejintenzivnější srážky se vyskytovaly na čele zvlněné studené fronty, kde se vytvářely bouřky. Krupobití bylo zaznamenáno na 44 stanicích v oblasti jižních, středních a východních Čech v odpoledních a večerních hodinách. Srážky z 30. května přesáhly 50,0 mm pouze na třech stanicích v ČR – Bavorov 89,4 mm, Křemže 62,4 mm (obě pobočka ČHMÚ České Budějovice) a Dolní Čermná 53,0 mm (pobočka ČHMÚ Hradec Králové) (obr. 2). Na stanici Husinec (pobočka ČHMÚ České Budějovice) došlo k ucpaní srážkoměru a následný odhad srážek pomocí radaru byl asi 100 mm. Odhad srážek pro časový interval 12.00 až 13.00 je udáván hodnotou asi 70 mm.

Dne 30. května byl na 133 stanicích zaznamenán tropický den, kdy teplota vzduchu dosáhla 30,0 °C a více. Přes 34,0 °C bylo naměřeno na stanicích Čáslav, Nový Bydžov a Pardubice (obr. 1). Na stanici Deštné v Orlických horách převládalo před postupující studenou frontou spojenou s mělkou tlakovou níží jihovýchodní až jižní proudění, které se s přibližujícím frontálním rozhraním měnilo na jižní až jihozápadní s průměrnými velmi slabými rychlostmi větru kolem 2 m.s⁻¹ a maximální rychlosti přesahovaly 8 m.s⁻¹. Při přechodu podružné zvlněné studené fronty přibližně mezi 16.30 až 18.30 vítr v bouřkách zesiloval a maximální rychlost větru překročila 16 m.s⁻¹. Po přechodu fronty se proudění změnilo zpočátku na severovýchodní, později převážně západní s velmi slabými

mi průměrnými rychlostmi větru, kdy maximální rychlosti se pohybovaly jen do 10 m.s^{-1} (obr. 6).

Závěrem lze konstatovat, že oba případy intenzivních srážek ukazují především souvislost výskytu přivalových srážek s přechodem studených front. Dne 23. května se srážky s nejvyšší intenzitou v roce 2005 vyskytly až za frontou ve studeném vzduchu. Srážky z 30. května vypadávaly přímo na přecházející frontě. Příklad z 23. května bude pravděpodobně ještě předmětem podrobnější meteorologické a hydrologické analýzy.

Literatura

- [1] ŠTEKL, J. et al., 2001. Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR v období 1879–2000 a jejich synoptické příčiny. Praha: Český hydrometeorologický ústav. Národní klimatický program ČR, sv. 31. 140 s.
- [2] TRUPL, J., 1958. Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský. Práce a studie, sešit 97. 76 s.

*Olga Halásová – Tomáš Popelka
Lektor RNDr. V. Kakos.*

NOVÁ VOJENSKÁ METEOROLOGICKÁ STANICE POLOM V ORLICKÝCH HORÁCH

V důsledku redukce početního stavu vojenských letišť v ČR docházelo v minulých letech k rušení několika zavedených meteorologických stanic provozovaných právě na vojenských letištích (České Budějovice, Hradec Králové apod.). Až počátkem tohoto roku došlo po dlouhé době k zřízení nové vojenské meteorologické stanice Polom, a tím i k zmírnění negativního trendu likvidace meteorologických stanic provozovaných Armádou České republiky (AČR).

Nová vojenská meteorologická stanice Polom (současně i prestižní seismologická stanice) leží v Orlických horách na jihozápadně orientovaném úbočí Sedloňovského vrchu, asi 3 km západně od státní hranice s Polskem v nadmořské výšce 748 m. Nejbližší profesionální meteorologickou stanicí je stanice v Ústí nad Orlicí, srážkoměrnou stanicí je automatická stanice v Olešnici v Orlických horách a dobrovolnickou klimatologickou stanicí je stanice v Deštném v Orlických horách.

Stanice Polom zahájila profesionální činnost 1. ledna 2006 jako synoptická a klimatologická stanice se speciálním zaměřením. Tato meteorologická observatoř byla zřízena pro potřeby AČR a k zapojení do sítě stanic ČHMÚ. Stanice je orga-



Obr. 1 Přístroje instalované na stanici Polom.



Obr. 2 Zimní pohled na stanici Polom.

nizačně součástí Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce s odborným dohledem Odboru hydrometeorologického zabezpečení (dříve Povětrnostního ústředí Praha). Stanice sestavuje meteorologické zprávy pod synoptickým označením 11669 a klimatologickým indikativem H2POLO01. Oprávnění k činnosti získala na základě provedených školení personálu stanice a přezkoušení znalostí a dovedností v závěru roku 2005 odborníky vojenské hydrometeorologické služby AČR za účasti zástupců ČHMÚ Hradec Králové.

Již od roku 1997 na stanici Polom byla prováděna základní meteorologická měření automatickým zařízením DRAK3, jako doplňková činnost k primárnímu pověření stanice provádět seismologická měření. Stanice je již po řadu let, mj. i pro svoji polohu a výsledky, zařazena do prestižní sítě seismologických stanic světa. V roce 1998 po ničivé letní povodni v části Orlických hor byla stanice vybavena státním podnikem Povodí Labe automatickým srážkoměrem pro získávání 15minutových dat k vyhodnocování srážkově-odtokových poměrů regionu Orlických hor. Od 1. ledna 2005 byla na stanici Polom zahájena klimatologická měření pro potřeby ČHMÚ. Standardní automatizovaný meteorologický pozorovací systém pro měření, zpracování, zobrazení a distribuci meteorologických informací a zpráv MONITWIN byl na Polomu instalován v lednu 2005. Stanice je v současné době vybavena automatickým i klasickým měřením slunečního svitu, půdními teploměry pro měření teploty v hloubce 5 až 100 cm. Automaticky pomocí zařízení Vaisala měří spodní základny oblačnosti systémem CT25K (zálohované měřičem RVO), charakteristiky větru měří zařízením WA (EA01), tlak, teplota a vlhkost vzduchu je měřena leteckým barometrem PA50 (aneroid, klasické teploměry, vlhkoměr). Dále jsou měřeny všechny základní charakteristiky sněhové pokrývky a pro určení vodní hodnoty vrstvy sněhu je používán váhový sněhoměr.

Význam stanice nespočívá v pouhém faktu, že po mnoha letech vznikla z iniciativy příslušníků Odboru hydrometeorologického zabezpečení a za velkého zájmu personálu stanice nová vojenská meteorologická stanice (mj. první vojenská horská stanice), ale v tom, že zaplňuje prázdné místo mezi stanicí Ústí nad Orlicí a Pecí pod Sněžkou, které jsou od sebe vzdáleny okolo 90 km. Vojenskému letectvu poskytuje nezastupitelné údaje zejména o spodní základně oblačnosti při letech nad horským terénem v blízkosti státní hranice s Polskem. S potěšením bylo její zřízení přijato ČHMÚ pro možnost získávat a zpracovávat synoptická a klimatologická data právě z lokality Orlických hor.

René Tydlitát

58. ZASEDÁNÍ VÝKONNÉ RADY SVĚTOVÉ METEOROLOGICKÉ ORGANIZACE

Program 58. zasedání Výkonné rady (EC) byl charakterizován čtyřmi významnými fakty. Především to bylo poslední zasedání Rady v tomto složení, neboť příští rok se koná Kongres celé organizace, který si zvolí novou Radu na další funkční období. Rada se zabývala daleko intenzivněji než v minulých letech otázkou rostoucího počtu přírodních a jiných katastrof, které způsobují velké ztráty na životech a majetku s ohledem na co nejefektivnější zapojení národních (hydro)meteorologických služeb – NMHSs) do včasného varování a prevence těchto negativních jevů. Dalším důležitým bodem bylo zapojení SMO i NMHSs do aktivit skupiny pro pozorování Země GEO a s tím souvisejícím vytvářením Globálního systému systémů pozorování Země (GEOSS). Tradičně důležitým a obtížným bodem bylo schválení rozpočtu i návrhu plánu činnosti SMO na delší období pro předpokládané schválení Kongresem v roce 2007.

Podobně jako v loňském roce, byly při zasedání Rady využity některé prvky pro zvýšení efektivity jednání i tvorby dokumentů. Podstatné urychlení procesu diskuse a schvalování spočívalo v tom, že všechna zasedání byla „plenární“. Ta nejjobecněji řídil prezident SMO. Specializovanější zasedání pak řídili tři viceprezidenti formálně v podvýborech A, B a C, ale projednávání bylo rovněž v plénu, což vedlo ke značnému zefektivnění „starého“ způsobu jednání, které bylo používáno až do 56. zasedání Rady.

Dalším kladem bylo, že projednávané dokumenty měly vždy část obsahující souhrn a případné rezoluce ke schválení a v druhé části dokumentu pak byly podrobnější zprávy shrnující nezbytná fakta k projednávaným bodům. Členové Rady se pak zaměřili pouze na diskuse souhrnů a rezolucí, nikoliv na části s doplňujícími fakty. Tímto způsobem bylo možné předběžně schválit některé dokumenty již v prvním kole. U dalších, které vyžadovaly pouze drobné úpravy, byly dokumenty schváleny již při druhém čtení.

Dokumenty byly na 58. EC projednávány podle jednotlivých programů podobně jako je tomu na Kongresu. V úvodu zazněly zprávy o činnosti za poslední rok, přednesené prezidentem SMO, generálním tajemníkem organizace a prezidenty jednotlivých regionálních asociací SMO. Následovala velmi důležitá zpráva Finančního poradního výboru EC (FINAC). Zprávy prezidentů jednotlivých technických komisí SMO byly předneseny vždy při projednávání konkrétního technického programu SMO. V minulém ročním období došlo též k setkání prezidentů technických komisí, kteří se dohodli na spolupráci a koordinaci činností těchto komisí i s ohledem na průřezové programy, jako budování společného informačního systému SMO (WIS), program na prevenci a redukci katastrof (DPM), program o využívání meteorologických družic apod. V této úvodní fázi zasedání Rady vystoupil i předseda Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC), který uvedl i nové zprávy panelu „IPCC Special Report on CO2 Capture and Storage“ a „2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories“.

Nejdůležitější program SMO, Světovou službu počasí (WWW), uvedl svou zprávou prezident Komise pro základní systémy (CBS). Zdůraznil nutnost koordinace práce mezi programy a komisemi SMO na průřezových programech i na rozvoji Globálního systému systémů pro pozorování Země GEOSS. Prezident CBS upozornil i na pokračování problémů s dostupností dat z oblastí RA I (Afrika). Velká pozornost je stále věnována budování Informačního systému WMO (WIS),

který bude sloužit pro všechny programy SMO. Delegátovi z ČR se podařilo upozornit EC a CBS na nutnost inovace manuálů pro meteorologické a hydrologické zabezpečení jaderných elektráren i zintenzivnění spolupráce SMO a MAAE (Mezinárodní agentura pro atomovou energii) v této oblasti.

Program pro přístroje a metody pozorování klade důraz na vzájemné porovnávání přístrojů a zlepšení spolupráce s hydrologií v oblasti přístrojů. SMO bude věnovat větší pozornost i systémům řízení kvality, kde u služeb ve vyvinutých zemích jde vývoj směrem k certifikaci na normy ISO 9001 nebo podobných, zatímco rozvojové země mají obavy z obtížnosti a nákladnosti přechodu na tyto systémy a požadují od SMO vývoj a zabezpečení vlastního systému SMO pro řízení kvality.

Velká pozornost byla již tradičně věnována klimatu. Klimatologická komise SMO má nového předsedu P. Bessemoulina z Francie, který podal ucelený přehled činnosti komise i problematiky klimatu. SMO řídí činnost Globálního systému monitorování klimatu (GCOS) a hraje vůdčí roli v mezivládním panelu IPCC i ve světovém programu výzkumu klimatu (WCRP). V posledních letech se ukázala i důležitost klimatu a negativních dopadů možné klimatické změny, která vedla k zahrnutí vlivů klimatu do programu prevence a snižování katastrof DPM. Katastrofy spojené s klimatem (sucho atd.) poškozují významně zejména rozvojové země. Klimatologové proto spolupracují s Mezinárodní strategií pro snižování katastrof (UNISDR), Rámcovou úmluvou o změně klimatu (UNFCCC), úmluvou o boji proti desertifikaci (UNCCD) i s úmluvou o zachování biologické diversity (CBD). Výkonná rada podpořila plán přípravy Třetí světové konference o klimatu i užší spolupráci se Světovou zdravotnickou organizací (WHO) při řešení otázek vlivu klimatu na zdraví člověka.

Dále byl projednáván program výzkumu atmosféry a životního prostředí (AREP) a jeho významná část týkající se sledování atmosféry (program GAW), který klade důraz i na sledování koncentrací ozonu a skleníkových plynů. V popředí zájmu SMO v posledních letech je i komplexní program pro výzkum v oblasti meteorologického výzkumu, předpovídání, modelování, verifikaci apod. – THORPEX. Rada jednala i o stavu a plánech aplikačních programů pro zemědělství (AgMP), námořní meteorologii a oceánografii a pro sdělování meteorologických a hydrologických informací veřejnosti (PWS). Velmi důležitou oblastí je letecká meteorologie, neboť aplikace v této oblasti přinášejí meteorologickým službám největší příjmy. Velmi aktuální je program Jednotného evropského nebe (Single European Sky), který bude znamenat podstatnou změnu v zabezpečení leteckých dopravců a řízení letového provozu v zemích EU. Pokračuje i rozvoj pozorování prvků počasí z dopravních letadel (AMDAR).

V programu hydrologie patřilo mezi úspěchy vydání několika manuálů, které se většinou týkaly předpovídání povodní. Rada doporučila Komisi pro hydrologii přesněji specifikovat spolupráci s Mezinárodním hydrologickým programem UNESCO i s organizací UN-Water. Dále by se měla posílit spolupráce hydrologů s klimatologií zejména v otázce sucha i zintenzivnění podpora projektů WHYCOS v regionech.

Rada věnovala velkou pozornost průřezovému programu prevence a snižování katastrof. Ten se poměrně dobře rozběhl a většina programů SMO zahrnuje tuto oblast do svých priorit a to jak na světové, tak i regionální úrovni.

V závěru schválila Výkonná rada plán přípravy 15. kongresu SMO v roce 2007 a jeho předběžný program.

Ivan Obrusník

POKUSY O VYUŽITÍ MORAVSKÝCH ŘEK K PLAVBĚ

(Ukázka z připravované publikace Historie a současnost hydrometeorologické služby na jižní Moravě, která vyjde v nakladatelství Český hydrometeorologický ústav)

Za vlády Josefa II. (1780–1790) pro spojení Moravy s Odrou průplavem horoval olomoucký bibliotekář Jan Alois Hanke z Hankenštejna (1751–1806), který v knížce o splavnění Moravy *Versuch über die Schiffbarmachung des Flusses March und Handlung der Mährer* (Pokus o splavnění řeky Moravy a obchod Moravanů) z roku 1782 podrobně vyjmenoval zboží, které by se po Moravě dalo vyvážet, a uvedl také místa zdroje těchto produktů. Druhé a třetí vydání této publikace se těšilo tak velkému zájmu všech společenských vrstev, že se zdálo už nepravděpodobné, že by k splavnění nedošlo.

Jistě i proto císař přijal plán Jana Rocha Dorfleutnera, velkoobchodníka dřevem z Hodonína, a s podmínkou splavnění řeky po Olomouc mu udělil v roce 1785 privilegium výhradní plavby na Moravě na dobu 20 let. Ten pak řadu let po řece převážel náklady obilí, dřeva, ovoce, soli, tabáku i řemeslných výrobků, avšak s obtížemi, jelikož i po znovuvybudování komorového plavidla u Hodonína a některých úpravách řeka nebyla trvale splavná, protože řečiště nebylo dostatečně udržováno. Čluny v některých těžkých místech byly proti proudu taženy z břehu lodní posádkou a také provoz narážel na odpor „pobřežníků“ i na přírodní katastrofy. Napoleonské války znamenaly konec lodní dopravy [2].

Ke zdoluhavosti plavby přispívala rovněž délka řeky Moravy, která se klikatila zvláště v nejspodnějším úseku v četných meandrech. Její délka jen mezi Rohatcem a soutokem Moravy s Dyjí dosahovala podle měření autorů této publikace téměř 78 km oproti současným 39 km po provedených regulacích koryta.

Nové pokusy o splavnění řeky Moravy byly učiněny na počátku 19. století a v roce 1872, kdy rakouská vláda předložila návrh na stavbu dunajsko-oderského průplavu parlamentu; obě jeho sněmovny, poslanecká i panská, návrh schválily v roce následujícím. Byly předkládány nové předlohy jak na regulaci Moravy, tak na stavbu průplavu, avšak s rozvojem železnic v polovině 19. století myšlenka splavnění Moravy ustupovala do pozadí, a to přesto, že výstavba průplavu byla zahrnuta i do vodocestného zákona z 11. června 1901.

Ještě před vydáním tohoto zákona se výstavby průplavu vehemenně domáhali zástupci Brna i poslanci na moravském zemském sněmu a v říšské radě. Spolu s brněnskou obchodní komorou a vodocestnými spolky německé i české národnosti chtěli dosáhnout toho, aby Brno bylo připojeno k projektovanému průplavu, a odvolávali se na další města, kterým by průplav hospodářsky prospěl. V jedné rezoluci *Moravského říčního a průplavního spolku* z počátku 20. století se píše: *Pamatováno budiž na výhodné připojení hlavního města Brna průplavními odbočkami k hlavní průplavní síti jak směrem k Dunaji, tak i k Odře a Labi, jakož i měst Prostějova, Kojetína, Tovačova, Vyškova atd. k síti vodních cest, bez níž by průmyslové toto město zakrněti musilo. Města tato musí míti vzhledem k svému vývinu jistotu, že se jim v doznívající budoucnosti plavebního spojení dostane* [4].

Návrhy na vybudování plavebních cest nabyly formy konkrétních projektů zejména ve 30. letech minulého století, kdy odborníci na základě obsáhlého technicko-hospodářského šetření dospěli k závěru, že řeka Morava v trati od Olomouce do Děvína se nedá účelně splavit a že mezinárodní vodní cesta

bude vyžadovat vybudování samostatného plavebního kanálu, vedeného mimo řečiště Moravy.

Na vypracování četných studií a projektů se podíleli odborníci z ministerstev, resortních ústavů, státní správy, vysokých škol i soukromých institucí, zástupci kapitálu a podnikatelé, z nichž někteří se sdružili ve *Společnosti dunajsko-oderského průplavu*, založené v roce 1937 v Praze. Jejím úkolem již tedy nebyla především činnost agitační, kterou doposud prováděl Moravský říční a průplavní spolek, založený v roce 1901 v Přerově a další vodohospodářské a plavební spolky na Moravě, nýbrž spolupráce a materiální podpora k vypracování konečného návrhu průplavu a zajištění jeho výstavby a provozu. Společnost začala v roce 1940 vydávat odborný časopis *Plavební cesty Dunaj-Odra-Labe*, jehož cílem bylo *informovat veřejnost o národohospodářském významu a funkci průplavu, jakož i o otázkách souvisejících s vypracováním projektu a stavbou průplavu a s provozem plavby a přístavů*.

Do časopisu ve 40. letech přispěl také přednosta hydrografického oddělení v Brně J. Soukal hydrologickým popisem povodí Odry, Ostravice a Opavy [7], který v poválečném období upravil pro sborník *Průplav Dunaj-Odra-Labe – naše moře* [8]. I tehdy se zdálo, jak čteme v předmluvě sborníku, *že právě dnešní doba nám dává vzácnou příležitost ke konečné výstavbě průplavu, příležitost, jaká se dosud za stáletého plánování a padesátileté skutečné technické přípravy nenaskytla... Jak bychom byli nedokrevní a znova malí, kdybychom si po nejtěžších životních zkouškách znova nedůvěřovali a kdyby se nám zdálo, že ani v příštích pokoleních nedozraje národ k činu tak výjimečnému: spojití uprostřed Evropy všechna moře* (1948). Návrh Ředitelství pro stavbu vodních cest v Praze z roku 1947 již nepočítal se samostatnou trasou přímo do Vídně (průplav měl být veden jen po československém státním území), ani jedna z variant již nepředpokládala odbočku z průplavu do Brna.

Přípravné studie a práce na projektu nikdy nepokročily tak daleko, jako za protektorátu Čechy a Morava, kdy započítí stavby se zdálo být na dosah ruky. Záměr vybudovat kanál na počátku 40. let minulého století vyhovoval i zájmům Německa, které předpokládalo, že průplav umožní plavbu z Říše do východní Evropy a na Blízký východ.

Práce předcházející stavbě průplavu, jako např. budování přehrad y Slušovic a úpravy některých řek, dotčených budoucí stavbou, začaly v roce 1940, vlastní výstavba, která byla plánována na 6 až 8 let, měla začít v roce 1942. Nikdy však nemohly být současně horší podmínky pro realizaci průplavu než v době rozšiřující se světové války, která soustřeďovala pracovní síly a materiální zdroje pro vojenské účely a potřeby fronty.

Válka rozsáhlý program znemožnila, a ani poválečné období, v němž byla snaha začlenit výstavbu dunajsko-oderského průplavu do budovatelských pětiletok, nebylo pro realizaci příznivé. Plavební spojení Dunaj – Odra – Labe, nazývané i v odborném tisku jako „evropský Suezský průplav“, a plavební odbočka z průplavu do Brna byly jako vodní cesty s možností výstavby zařazeny ještě do výhledu Směrného vodohospodářského plánu v roce 1975 [3].

Velké pochopení pro levnou vodní dopravu projevoval zlínský průmyslník Tomáš Baťa (1876–1932), který se zajímal o úpravu řeky Moravy z hlediska plavebního, ale i zemědělského a asanačního. Měl zájem na tom, aby se velké dunajské lodě mohly bez překládání zboží dostat do nitra země aspoň po Otrokovice, kde začal zřizovat tovární město. Když se důvodně pochybovalo o tom, že v dohledné době bude

dunajsko-oderský průplav postaven, byl u příležitosti velké melioračního projektu mezi Otrokovicemi a Hodonínem vybudován v letech 1934–1939 alespoň závlahový a plavební kanál, známý jako Batův kanál [6]. Kanál pro malou plavbu využívala zlínská firma pod vedením Jana Antonína Bati (1896–1965) k dopravě hnědého uhlí ze svého dolu. Doprava po roce 1948 zanikla. Batův kanál byl zákonem z roku 1995 vyhlášen dopravně významnou vodní cestou. V současné době jsou splavné jen dva jeho úseky, a to sedmikilometrový od Otrokovic po Napajedla a pětikilometrový z Uherského Ostrohu do Veselí nad Moravou, na nichž a. s. První moravská plavební Zlín provozuje rekreační plavbu.

Mohlo by se namítnout, že není namístě pojednávat v dějinách moravské hydrologie o záměrech na budování průplavu, pro jehož realizaci byl sice předložen bezpočet usnesení, rezolucí, návrhů a projektů, avšak který se z důvodů finančních (vstupní investice), technických, ekonomických (otázka návratnosti a rentability) či jiných (politické poměry, válečné události, konkurenční zájmy) neuskutečnil. Přesto tomu není tak.

Myšlenka propojení evropských moří vodní cestou přes Moravu a Slezsko, která se s různě velkou naléhavostí uplatňuje už 350 let, vyvolávala zvýšený zájem o režim povrchových i podzemních vod nejen v trase zamýšleného průplavu, ale v celých povodích. Již nejstarší návrhy na plavební využití Moravy, její regulaci či kanalizaci vyžadovaly terénní průzkum, o který se opíraly odborné posudky a dobrozdání.

V zájmové oblasti byla provedena rozsáhlá geodetická zaměřování spádu a geometrických vlastností říčních koryt. Zvláště ve 30. a 40. letech minulého století byly jako součást přípravných prací vyhotoveny početné studie hydrologické, hydrotechnické, geologické a klimatologické, které mimo jiné upřesňovaly polohu trasy průplavu. Hydrologická a hydrotechnická šetření provádělo Ředitelství pro stavbu vodních děl, průplavové oddělení v Praze, ve spolupráci se Státním ústavem hydrologickým a hydrotechnickým v Praze, Státním ústavem meteorologickým, resp. Ústředním meteorologickým ústavem pro Čechy a Moravu v Praze, Výzkumnými ústavem zemědělskými v Brně a dalšími organizacemi, které poskytovaly data o výšce hladiny povrchových vod, maximálních odtokových množstvích, povodňových vlnách, avšak řešily i zásobování průplavu vodou, jeho očekávaný zásah do režimu podzemních vod, problematiku jeho výstavby a provozu v poddolovaných částech Ostravska, otázku splavenin apod.

Při projektování průplavu byla v povodí řek Moravy a Odry v roce 1940 a v dalších letech zřízena řada hydrodologických profilů (HP profilů), které rozšířily pozorování tří starších profilů, vybudovaných na jižní Moravě v letech 1932, 1934 a 1935. Účelem HP profilů bylo jednak zjišťovat poměry podzemních vod v místech daných projektem průplavu (obyčejně nad a pod plavební komorou) před jeho zřízením, jednak získat podklady pro hospodárné navržení těsnění průplavu a pro postup stavby, případně pro vhodnou změnu trasy průplavu [1]. Při zpracování projektu bylo také třeba stanovit úbytek vody v průplavu způsobený výparem. Úkolu se zhostil J. Rón [5], který k výpočtům výparu z volné vodní hladiny použil údajů z moravských stanic vybavených Wildovými výparoměry, ale i analogie na základě měření plovoucích výparoměrných stanic v zahraničí.

Mnohými hydrologickými otázkami spojenými s plánovaným průplavem se od 20. let minulého století zabývali pracovníci hydrografické služby v Brně, kteří pečovali o měření

stavu hladin podzemních vod, zčásti i o měření teploty podzemní vody a o technický stav všech objektů. Délkou měření se tak staly pozorovací řady podzemních vod ve správě ČHMÚ unikátní v evropském měřítku.

Vize výstavby plavební cesty Dunaj-Odra-Labe není mrtvá, pravidelně jsou přidělovány rozpočtové prostředky na její postupnou realizaci. Protože spojení má přeshraniční dimenzi, stalo se předmětem zájmu expertů Evropského společenství a Evropské unie, rozšiřující se směrem na východ. Domácí legislativní podporu získalo schválením zákona 114/95 Sb. o vnitrozemské plavbě. Jeho příloha obsahuje seznam dopravně významných využitelných vodních cest, mimo jiné části toku Moravy, Bečvy, Odry a Ostravice. Závazné je i usnesení vlády České republiky ze dne 11. prosince 1996 k financování programu podpory rozvoje vodní dopravy v České republice do roku 2005. Resortním ministrem ukládá zahájit jednání s představiteli sousedních států o společné přípravě splavnění dolního toku Moravy a ochranu území v trase plánovaného průplavního spojení Dunaj-Odra-Labe.

Usnesení souvisí s tím, že vláda v roce 1996 podepsala mezinárodní dohodu AGN, která Českou republiku zavazuje k tomu, že se v případě zájmu bude na stavbě průplavu podílet. Ministerstvo životního prostředí však celý projekt považuje za nesmyslný a nereálný a usiluje o vyvázání Česka z dohody AGN. Také pracovníci ochrany přírody, sdružení hlavně v Ekologickém institutu Veronica a v Unii pro řeku Moravu, s výstavbou zásadně nesouhlasí [9].

Literatura

- [1] ČERMÁK, M., 1952. Výzkum podzemních vod v pedo-hydrologických profilech podél projektovaného průplavu Odra-Dunaj v úseku Přerov-Lanžhot. Závěrečná zpráva o výzkumném úkolu Výzkum vlivu suchých a mokrých period na podzemní vody v povodí Moravy, Bečvy a Dyje. Brno: KNV Brno. 20 s., příl.
- [2] FIALOVÁ, V., 1943. Historie podnětů k usplavnění řeky Moravy. *Plavební cesty*, roč. 4, č. 5, s. 90–93.
- [3] Institucionální rámec vodního hospodářství v České republice. EUROWATER – CEC vertikální zpráva, 1998. Praha: Český výbor Mezinárodní komise pro závlahy a odvodňování + Ministerstvo zemědělství ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou Praha. 147 s., příl.
- [4] KRŠKA, K., 2003. Přístav Juliánov – projekt, který zůstal pouze na papíře. In: *Vodní cesty a plavba*. Praha: Plavba a vodní cesty, č. 1–2, s. 39–40.
- [5] RÓN, J., 1942. Výpar jako složka hospodaření s vodou na moravských tratích odersko-dunajského průplavu. *Plavební cesty*, roč. 3, s. 110–122.
- [6] SMRČEK, A., 1948. Snahy a boje o vodní cesty Dunaj-Odra-Labe v souvislosti s úpravou řeky Moravy. In: *Průplav Dunaj-Odra-Labe – naše moře*. Sborník o chystaném průplavu. Přerov: nakl. Nový národ, s. 33–46.
- [7] SOUKAL, J., 1943. Moravsko-ostravské toky. *Plavební cesty*, roč. 4, č. 5, s. 83–87.
- [8] SOUKAL, J., 1948. Ostravské toky. In: *Dunaj-Odra-Labe – naše moře*. Sborník o chystaném průplavu. Přerov: nakl. Nový národ, s. 138–143.
- [9] UNGERMAN, J. – ZWIEBOVÁ, K. a kol., 2002. Plánovaná vodní cesta Dunaj-Odra-Labe z pohledu ochrany přírody a životního prostředí. In: *Veronica*, časopis ochránců přírody, Brno. 15 s.

Karel Krška –Václav Vlasák



NABÍDKA PUBLIKACE

ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2005 AIR POLLUTION IN THE CZECH REPUBLIC IN 2005

Grafická ročenka. Praha: ČHMÚ 2006. 168 stran včetně 76 barevných map a obrázků.
ISBN 80-86690-37-7
Cena 1500,- Kč.

Grafická ročenka zhuštěnou formou tabulek, grafů a mapových znázornění podává souhrnný přehled o stavu znečišťování a znečištění ovzduší, včetně hodnocení atmosférické depozice. Zatímco tabelární ročenka představuje formu objektivní prezentace verifikovaných imisních dat a údajů o chemickém složení atmosférických srážek z jednotlivých měřicích stanic, spočívá těžiště této ročenky zejména v mapových prezentacích charakterizujících zatížení území ze znečišťování ovzduší.

Během roku 2002 vstoupila v platnost legislativa upravující komplexně oblast kvality venkovního ovzduší, plně reflektující legislativu Evropské unie. Jedná se zejména o zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění zákonů č. 521/2002 Sb., č. 92/2004 Sb., č. 186/2004 Sb., č. 695/2004 Sb. a č. 180/2005 Sb., a o nařízení vlády č. 350/2002 Sb., kterým se stanovují imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší ve znění nařízení vlády č. 60/2004 Sb. Ročenka reflektuje tuto skutečnost tím, že je od roku 2003 prezentováno posouzení kvality ovzduší podle této legislativy.

Součástí ročenky je bohatý tabulkový a grafický materiál uvádějící přístupnou formou informace z hydrometeorologické datové základny České republiky.

Z obsahu:

- ☞ Emise látek znečišťujících ovzduší v České republice
- ☞ Imise látek znečišťujících ovzduší v České republice (staniční síť sledování kvality venkovního prostředí, hodnocení kvality ovzduší, hodnocení provozu smogových regulačních systémů na území České republiky v roce 2004).
- ☞ Atmosférická depozice na území České republiky

Ročenka je vydávána dvojjazyčně česko-anglicky pro usnadnění výměny dat o kvalitě ovzduší.

Publikaci můžete objednat na adrese:

**Český hydrometeorologický ústav, SIS, p. E. Firmanová, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany,
Tel./fax: 244032721, e-mail: firmanova@chmi.cz. Na objednávce uvádějte svoje IČ.**



NABÍDKA PUBLIKACE ČHMÚ

ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ A ATMOSFÉRICKÁ DEPOZICE V DATECH, ČESKÁ REPUBLIKA 2005 AIR POLLUTION AND ATMOSPHERIC DEPOSITION IN DATA, THE CZECH REPUBLIC 2005

Praha, ČHMÚ 2006. 132 stran + CD. ISBN 80-86690-38-5. Cena 750 Kč.

Roční tabelární přehled je výsledkem souhrnného zpracování imisních dat systematicky ukládaných za kalendářní rok. Je vydáván jako základní materiál pro práci orgánů a organizací řešících problematiku životního prostředí a ochrany ovzduší v našem státě.

V tištěné podobě ročenka obsahuje komentář k souhrnnému ročnímu tabelárnímu přehledu (přehled metod měření, datová základna ročního zpracování a Informační systém kvality ovzduší, limitní hodnoty pro ochranu zdraví, vegetace a ekosystémů, popis obsahu tabulek – přehled staničních sítí, zajištění kvality dat), přehled imisních měřicích sítí České republiky, souhrnné přehledy překročení imisních limitů a maximálních hodnot stanovených zákonnými opatřeními a vládními nařízeními. Na CD jsou data obsahující:

- ☞ oxid siřičitý
- ☞ PM10
- ☞ oxid dusičitý
- ☞ oxidy dusíku – venkovské stanice
- ☞ oxid uhelnatý
- ☞ benzen
- ☞ ozon
- ☞ těžké kovy
- ☞ benzol
- ☞ amoniak
- ☞ PM_{2,5}
- ☞ suspendované částice
- ☞ oxidy dusíku
- ☞ oxid dusnatý
- ☞ těžké kovy v suspendovaných částicích
- ☞ suma dusičnanových iontů
- ☞ suma amonných iontů
- ☞ sirovodík
- ☞ sírany částice
- ☞ skupina aromatických uhlovodíků
- ☞ těkavé organické látky (VOC) – ČHMÚ
- ☞ těkavé organické látky (VOC) – HS
- ☞ perzistentní organické látky (POPs)
- ☞ atmosférické srážky včetně analýz
- ☞ větrné růžice na imisních stanicích
- ☞ seznam lokalit – imise, srážky

Publikaci lze objednat na adrese:

**Český hydrometeorologický ústav, SIS, p. E. Firmanová, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany,
Tel./fax: 244032721, e-mail: firmanova@chmi.cz. Na objednávce uvádějte svoje IČ.**