

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

Meteorological Bulletin

ROČNÍK 66 (2013)

V PRAZE DNE 28. PROSINCE 2013

ČÍSLO 6

POVODEŇ V ČESKÉ REPUBLICE V ČERVNU 2013

V srpnu 2012 se na Nové radnici Magistrátu hl. města Prahy konala tematická konference k 10. výročí povodně 2002. V jejím rámci účastníci hodnotili nedávné povodně v širším kontextu současných aktivit, zaměřených na zkvalitnění preventivních opatření ke zmenšení jejich negativních účinků. Za necelý rok, v červnu 2013, postihla převážnou část Čech další extrémní povodeň. Po předchozím silném nasycení povodí zapříčinily mimořádné srážky, kdy jejich 24hodinové úhrny dosáhly v některých oblastech hodnot 100mm a místy až 130mm [2] a které byly na mnoha místech doprovázeny přívalovými dešti, téměř okamžitý a velmi prudký vzestup hladin s extrémními průtoky nejprve ve vodních tocích východních, středních a jižních Čech a postupně také severních Čech a částečně jižní Moravy [1]. Povodeň způsobila ztrátu 15 lidských životů a značné povodňové škody, předběžně vyčíslené na 15,3 mld. Kč. Mimořádné srážky zavinily také desítky půdních sesuvů a další negativní jevy v postižených územích.

Toto číslo Meteorologických zpráv je věnováno tematice červnové extrémní povodně v roce 2013. Cílem je poskytnout přehledné informace o meteorologické a hydrologické situaci, průběhu a předpovědi srážek a průtoků, měření kulminačních průtoků v době povodní, stejně jako porovnání s minulými mimořádnými situacemi, včetně vyhodnocení činností v rámci systému integrované výstražné a předpovědní povodňové služby.

Není pochyb o tom, že připravenost na mimořádné situace se průběžně zlepšuje a v oblasti povodňové prevence bylo mnoho vykonáno. Pro krizové situace jsou legislativně stanoveny jednoznačné kompetence a Český hydrometeorologický ústav je plně zapojen do systému krizového řízení ČR, včetně účasti na jednáních Ústřední povodňové komise, Ústředního krizového štábu a zastoupení v povodňových orgánech krajů. Prostřednictvím systému integrované výstražné služby ČHMÚ jsou meteorologické a hydrologické předpovědi a výstražné, informační i další zprávy předávány v rámci Integrovaného záchranného systému operačním střediskům Hasičského záchranného sboru a odtud dále povodňovým orgánům nebo orgánům krizového řízení krajů a obcí. Výstražné informace jsou zároveň uváděny a zveřejňovány na internetových stránkách ČHMÚ a vybraným uživatelům, jako jsou například vodohospodářské dispečinky podniků Povodí, jsou zasilány elektronickou cestou.

Důsledným rozvojem postupů a metod pro vydávání předpovědí a výstrah, s využitím všech dostupných zdrojů dat

THE JUNE 2013 FLOODS IN THE CZECH REPUBLIC

August 2012 saw a thematic conference on the 10th anniversary of the 2002 floods, held at the New Town Hall of the Municipality of Prague. The delegates looked back at recent floods in a broader context of their then current activities focused on improving preventive measures designed to mitigate the adverse consequences of floods. Less than a year later, in June 2013, another extreme flood hit a large part of Bohemia. Following the earlier heavy saturation of basins, extreme precipitation, with 24-hour totals amounting to 100mm in some areas, and locally up to 130mm [2], and accompanied by torrential rain in many places, caused an almost immediate and rapid swelling of waters, with extreme discharges in water streams initially in eastern, central and southern Bohemia and then, progressively, in northern Bohemia and parts of southern Moravia [1]. The floods took 15 human lives and caused massive damage, tentatively quantified at CZK 15.3 billion. Extreme precipitation also resulted in dozens of landslides and other negative phenomena in the afflicted areas.

This issue of the Meteorological Bulletin is dedicated to the extreme floods in June 2013. The purpose is to provide clear information about the meteorological and hydrological situation, the forecasts of precipitation and discharges and their actual values and profiles, measurements of peak discharges during the floods, and a comparison with some of the earlier disasters, including an evaluation of operations in the system of the integrated flood warning and forecasting service.

There is no doubt that emergency preparedness is continuously improving and that much has been done in flood prevention. Clear-cut responsibilities are laid down in legislation for crisis situations, and the Czech Hydrometeorological Institute is fully a part of the country's crisis management system, including its participation in the meetings of the Central Flood Commission and Central Crisis Board and representation in the Regions' flood control authorities. Through the CHMI's integrated warning service, meteorological and hydrological forecasts and warnings, and informative and other reports are transmitted, as part of the country's Integrated Rescue System, to Fire Services' operations centres and thence to regional and municipal flood control and/or crisis management authorities. Warnings are also released and posted on the CHMI's website and sent via electronic mail to selected users such as Povodí companies' water management control centres.

The consistent development of the procedures and methods

z pozemních pozorovacích stanic, meteorologických radarů, meteorologických družic a výstupů z numerických předpovědních modelů počasí a hydrologických modelů, dochází k postupnému zpřesňování předpovědí a výstrah. I přes nesporný pokrok v této oblasti zůstávají některé specifické, mimořádně intenzivní meteorologické a hydrologické jevy, jejichž příkladem mohou být přívalové srážky a přívalové povodně, dosud obtížně předvídatelné z hlediska místa a času výskytu pro jejich lokální charakter, prudký nástup či krátké trvání. Zde se pak nabízí potenciál k dalšímu rozvoji metod a postupů, které by určitou míru nejistoty při zvládnání rizik obdobných jevů pokud možno co nejvíce snížily.

Z poznatků a zkušeností získaných během dosavadních mimořádných povodňových situací z hlediska činnosti ČHMÚ vyplývá zejména potřeba dále zlepšovat technické, organizační a metodické zabezpečení předpovědní služby v celém komplexu otázek součinnosti mezi jejími jednotlivými složkami a rozvoje osvědčené spolupráce mezi meteorology a hydrology při přípravě a vydávání předpovědí, výstražných a informačních zpráv. Z hlediska návaznosti na systém informování povodňových či krizových orgánů a veřejnosti se jedná především o zajištění důsledného poskytování včasných informací o vzniku povodně na úroveň obcí, včetně podpory rozvoje lokálních výstražných systémů pro varování obyvatel. K tomu je účelné trvale provádět vzdělávání a praktické školení pracovníků povodňových a krizových orgánů a osvětu veřejnosti. Vzhledem ke skutečnosti, že mimořádné povodně vzniklé na území ČR mohou významně ovlivnit hydrologickou situaci či mít významný negativní dopad na území sousedních států, zůstává jednou z klíčových potřeb rozvoj spolupráce a sdílení informací v mezinárodním měřítku na úrovni odpovídajících orgánů dotčených zemí.

Některé příspěvky a informace o červnové povodni předložené v tomto čísle časopisu čerpají z činnosti na projektu vyhodnocení povodně v červnu 2013, o jehož zpracování rozhodla vláda ČR svým usnesením č. 533 ze dne 3. července 2013. Projekt je zaměřen na podrobné posouzení příčin, průběhu a důsledků povodně, obdobně jako tomu bylo v případě jiných velkých povodní z posledního období, např. povodní v červenci 1997, srpnu 2002 nebo na jaře 2006. Vláda uložila zajistit zpracování projektu a koordinaci dokumentačních a vyhodnocovacích prací ministru životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí následně pověřilo koordinací projektu Český hydrometeorologický ústav.

Projekt se skládá z řady dílčích úkolů vztahujících se k jednotlivým aspektům vyhodnocení povodně a závěrečného souhrnu s návrhem opatření. Dílčí úkoly, které přímo spadají do oblasti činnosti meteorologické a hydrologické služby, řeší ČHMÚ, specializované úkoly, zaměřené na problematiku sesuvů a dopadů povodní na životní prostředí, zadalo ministerstvo Českému geologickému ústavu, resp. České inspekci životního prostředí. Při řešení ostatních dílčích úkolů týkajících se hodnocení činnosti orgánů povodňové služby a důsledků povodní ČHMÚ spolupracuje se správci povodí a externími odbornými organizacemi. Většina dokumentačních a vyhodnocovacích prací byla uzavřena do konce roku 2013. Předběžná zpráva o výsledcích projektu byla předložena vládě koncem listopadu 2013 a závěrečná zpráva s návrhem opatření bude zpracována do konce června 2014. Výsledky projektu mohou nesporně přispět k dalšímu zlepšení systému povodňové ochrany v České republice.

Závěrem bych rád poděkoval všem pracovníkům ústavu, kteří se podíleli na přípravě, zpracování a poskytování výstupů ČHMÚ během uplynulé mimořádné situace za vynikající součinnost při vydávání výstražných a informačních zpráv v rámci

for issuing forecasts and warnings, using all the available sources of data from ground-based observation stations, meteorological radars and meteorological satellites and outputs from numerical weather prediction models and hydrology models, is progressively helping to render forecasts and warnings more accurate. Despite the unquestionable advances in this respect, some specific, extremely intensive meteorological and hydrological phenomena, such as torrential rain and flash floods, continue to be very difficult to predict in terms of the time and place of their occurrence due to their local character, rapid onset, or short duration. In this respect, there is a potential for the continued development of the methods and procedures that would minimise the uncertainty, which will always exist to a certain extent, inherent in the management of the risk of such phenomena.

From the CHMI's perspective, the knowledge and experience derived from extreme flood situations to date suggest primarily the need to continue improving the technical, organisational and methodological provisions for the forecasting service; this need concerns the entire complex of issues related to co-operation between the various components of the forecasting service and promoting the well-tested co-operation between meteorologists and hydrologists in preparing and issuing forecasts and warning and informative messages. In terms of the links to the system of information provision to flood control and crisis management authorities and to the public, the above primarily means ensuring that timely information about flooding is continuously provided to municipalities, including support for the development of local signalling systems to warn the population. For this purpose, it is useful and advisable to continuously educate flood and crisis authorities' staff, including practical training and exercises, and to educate the public. Since extreme floods originating in the Czech Republic can significantly influence the hydrological situation in or produce a heavy negative impact on neighbouring countries, promoting co-operation and information sharing on the international scale, between the counterpart authorities of the countries in question, remains one of the crucial issues.

Some of the contributions and information on the June 2013 floods which appear in this edition, draw on the work carried out under the official project for an evaluation of the June 2013 floods; the Czech Cabinet adopted on this project in its Resolution No 533 of 3 July 2013. The project focuses on a detailed assessment of the causes, development and consequences of the floods, similarly as in the cases of other recent major floods such as those in July 1997, August 2002 and the spring of 2006. The Cabinet instructed the Ministry of the Environment to carry out the project and to coordinate documentation and evaluation. The Ministry then instructed the Czech Hydrometeorological Institute to coordinate the project.

The project is comprised of a large number of individual tasks relating to the various aspects of flood evaluation, and the final summary, including proposals for the actions to be taken. The individual tasks that fall within the remit of the meteorological and hydrological service are being carried out by the CHMI, while certain specialised tasks relating to landslides and environmental impacts of floods were assigned to Czech Geological Survey and Czech Environmental Inspectorate by the Ministry. The CHMI works with basin management companies and specialised external organisations on some other tasks geared towards assessing flood control authorities' work and consequences of the floods. Most of the documentation and evaluation was completed before the end of 2013. A preliminary report on the results of the project was provided to the Cabinet at the end of November 2013, and the final report, including the proposed measures, will

Systému integrované výstražné služby (SIVS), spolupráci s krizovými orgány krajů a obcí a osobní nasazení v době této situace, včetně měření průtoků v období vysokých vodních stavů. Není pochyb o tom, že ústav v náročném údobí obstál na velmi dobré úrovni a jsem přesvědčen, že tento přístup zůstane zachován i ve všech dalších obdobných situacích. O uznání přínosu všech zúčastněných svědčí nakonec i usnesení Ústřední povodňové komise č. 13 ze dne 27. června 2013, ve kterém komise vyjádřila poděkování všem, kteří se jakýmkoli způsobem zapojili do činnosti, jež bránily povodni, minimalizovaly škody způsobené povodněmi a následně i do odstraňování následků povodní. Ústřední povodňová komise zároveň vyjádřila respekt k vysoce odbornému jednání představitelů krajských a obecních samospráv a dalších příslušných volených orgánů, členů povodňových komisí a krizových štábů, profesionálních i dobrovolných hasičů, příslušníků Policie ČR i Městské policie, vojáků Armády ČR a Hradní stráže, zdravotníků, hygieniků, meteorologů, hydrologů, geologů, pracovníků podniků Povodí a též dobrovolníků, kteří se při povodních a po nich účastnili a stále účastní záchranných a likvidačních prací.

Ing. Václav Dvořák, Ph.D. (ředitel ČHMÚ)

Literatura:

- [1] ŠERCL, P. – TYL, R. – PECHA, M., 2013. Průběh a extremita povodně v červnu 2013. *Meteorologické Zprávy*, roč. 66, č. 6, s. 197–202. ISSN 0026-1173.
- [2] SANDEV, M. – DVOŘÁK, M., 2013. Vyhodnocení cirkulačních podmínek v atmosféře v první polovině roku 2013. *Meteorologické Zprávy*, roč. 66, č. 6, s. 167–175. ISSN 0026-1173.

be presented by the end of June 2014. The results of the project can definitely help to further improve the flood control system in the Czech Republic.

In conclusion, my thanks go to all CHMI employees who were involved in the preparation, processing and provision of the CHMI's outputs during the most recent emergency situation for their outstanding effort in the release of warning and informative reports within the Integrated Warning Service System (SIVS), and for their collaboration with regional and municipal crisis management authorities and their personal commitment at the critical time, including discharge measurements when water levels were extremely high. There is no question that in that challenging period, the CHMI rose to the challenge very well and I am convinced that the CHMI will maintain this approach in all future situations like this. After all, the Central Flood Commission's Resolution No 13 of 27 June 2013, in which it expresses gratitude to all those who joined, in whatever way, efforts countering the floods and minimising flood damage, and then dealing with the consequences, bears out the acknowledgement for all stakeholders' contributions. At the same time, the Central Flood Commission expressed its respect for the highly professional conduct of regional and municipal self-governments and other competent elected bodies, members of flood commissions and crisis staff, professional and voluntary fire services, members of Police of the Czech Republic and Metropolitan Police, servicemen of the Army of the Czech Republic and the Castle Guards, medical personnel, public health officers, meteorologists, hydrologists, geologists, the staff of the Povodí companies, and also volunteers who participated, and continue to participate, in rescue and remedial missions during and after the floods.

Václav Dvořák, CHMI Director

POVODEŇ 2013 V ČESKÉ REPUBLICE V KONTEXTU POVODNÍ MINULÝCH, SYSTÉMU PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÉ SLUŽBY A JEHO BUDOUCNOSTI

Jan Daňhelka, Pavla Skřivánková, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, danhelka@chmi.cz, skrivankova@chmi.cz

Floods 2013 in the Czech Republic in the context of past floods, Flood Warning Service and its future. The contribution presents a short comparison of the June 2013 floods with the historical flood events in terms of similarities and differences. However, the main purpose of the paper is to summarise the experience from the flood as an impetus for the future development of the hydrometeorological service. A proposal is presented for potential changes in the system of hydrometeorological warnings in respect of intelligibility and practicability for the users. We in particular discuss the specifics of Prague from the point of view of the warning service.

KLÍČOVÁ SLOVA: povodně – předpovědní povodňová služba – povodňová ochrana
KEY WORDS: Flood – Flood warning service – Flood protection

1. ÚVOD

Po povodňově klidném 20. století žijeme nyní opět v období četnějšího výskytu povodňových událostí podobnému druhé polovině 19. století. V květnu 2012 na valné hromadě České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti zazněla tato slova: „...příští povodeň v Praze může opět změnit naše chápání limitů možného, může být úplně jiná, než ty minulé. Na druhý pohled pak ale nejspíše zjistíme, že vlastně byla hodně podobná tomu, co už známe, jen jsme tu podobnost před a během jejího průběhu nemuseli vidět...“ [3]. O něco

málo více než za rok poté přišla povodeň, která byla specifická tím, že srážky zasáhly oblast povodí těsně nad Prahou a povodeň do Prahy přišla mnohem dříve, než by se dalo dle analogií s jinými povodněmi očekávat. Přesto lze nalézt mnoho podobností a společných znaků.

2. SROVNÁNÍ S HISTORICKÝMI POVODŇOVÝMI UDÁLOSTMI

Z povodňové historie se pro srovnání s červnovou povodní 2013 nabízí hned několik povodňových událostí. První srovnání,

nost aktivně reagovat na vznik povodně je omezena zejména disponibilitou času k provedení operativních protipovodňových opatření. S ohledem na tuto skutečnost budou vždy existovat požadavky na co nejpřesnější předpovědi s dlouhou dobou předstihu (pro potřeby výstavby protipovodňových mobilních stěn v řádu desítek hodin, v případě „odpouštění“ vodních nádrží pak v řádu dnů až týdnů). To je zvláště v případě kvantitativní předpovědi srážek mimo současné reálné možnosti modelování atmosféry.

Vždy je třeba počítat se vzájemně se lišícími výstupy numerických předpovědních modelů, a to nejen pro úhrny a lokalizaci predikovaných srážek. Přitom povodeň 2013 ukázala, že ani shoda různých modelů na lokalizaci srážkového pole nemusí odpovídat pozdější skutečnosti. Taková situace nastala právě před hlavní srážkovou epizodou, kdy různé modely situovaly maximum úhrnů srážek na německé území. Na základě těchto informací pak byly vydány výstrahy pro západ Čech. Ve skutečnosti však hlavní zdrojovou oblastí povodně byly střední a jižní Čechy v důsledku intenzivních srážek v noci na 2. 6. 2013 v této oblasti. Poučením z průběhu povodně 2013 tak musí být snaha o další zrychlení reakce předpovědních pracovišť na dynamicky se měnící podklady a informace používané pro sestavování předpovědí a výstrah. Je nutné velmi rychle reagovat jak na změny v předpovědích lokalizace a intenzity srážek numerickými modely, tak na veškeré informace o srážkách dostupné v reálném čase (tzn. data z meteorologických radarů a automatických srážkoměřů, včetně externích zdrojů dat, např. s. p. Povodí) a adekvátním způsobem rychle aktualizovat výstrahy.

Čekání na potvrzení hydrologických konsekvencí v podobě pozorovaných vzestupů vodních toků by mohlo být fatální. V případě povodně 2013 srážky postihly oblast, kde jsou malé vodní toky, které nejsou pozorovány, ale mohou představovat velké problémy a způsobit značné škody. Přitom se udává, že nejvíce obětí si vyžádají přívalové povodně v povodí o ploše 10 až 20 km² [1, 7], kde je dynamika proudění vody největší, vývoj povodně je velmi rychlý a současně již dochází ke koncentrovanému odtoku. Při účelných výstrahách a varování je tedy zjevně nezbytné reagovat již na informaci o spadlých srážkách a jejich velmi krátkodobé předpovědi.

3.1 Úprava systému výstrah

Stejně jako po předchozích povodních probíhá detailní vyhodnocení postupů při vydávání výstrah a informací o výskytu nebezpečných jevů. Na základě tohoto vyhodnocení probíhá diskuse o úpravách systému vydávání výstrah a jejich zavedení do praxe předpovědních pracovišť ČHMÚ.

Návrh koncepční úpravy systému vydávání výstrah bude zaměřen zejména na následující zjištěné problémy:

- nedostatečná lokální informace pro rozhodování na úrovni obcí;
- pravidla, způsob vydávání a obsah výstrah vydávaných při detekci nebezpečného jevu;
- problematika srozumitelnosti platnosti aktualizovaných výstrah (např. při nutnosti zvýšení úrovně nebezpečí v jednom kraji, musí být vydána výstraha pro všechny kraje; tato výstraha je však v krajích s již probíhající povodní často mylně interpretována jako výstraha před dalším zhoršováním situace);
- interpretace a posuzování často rozdílných výstupů z numerických předpovědních modelů, včetně hodnocení pravděpodobnosti výskytu předpovídané situace a další jejich využití;

- nezbytnost modernizace softwarové aplikace pro Systém integrované výstražné služby (SIVS) ve smyslu zajištění komplexního zpracování podkladů, editování a vydávání výstražných informací, včetně implementace formátu pro definování rozdílných výstupů pro konkrétní skupiny uživatelů.

Předpovědní výstraha je vydávána s rozlišením na úroveň kraje, je poměrně stručná, jejím cílem je aktivovat připravenost v daném kraji, neboť existuje potenciál výskytu nebezpečného jevu. Na ni by však v ideálním případě měla navazovat již konkrétně lokalizovaná výstraha při detekci nebezpečného jevu, obsahující podstatné informace o aktuálním stavu a především budoucím vývoji nebezpečného jevu a jeho možných dopadech. To vyžaduje fungování předpovědního pracoviště štábním systémem s jednoznačně definovanými a dodržovanými postupy monitoringu a vyhodnocování dat.

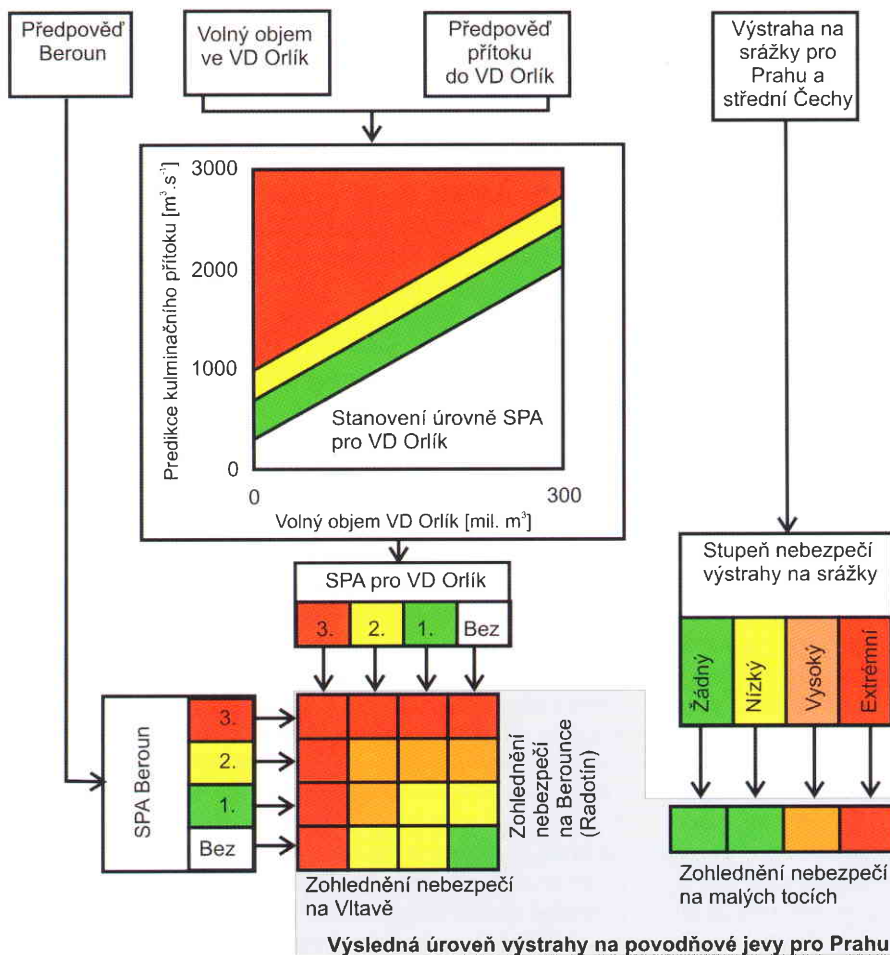
Je nutné zvážit, zda by předpovědní služba měla akceptovat princip očekávání v dané situaci nejhorší možné varianty, což je princip, jenž musí používat integrovaný záchranný systém při přípravných a záchranných pracích¹. Z psychologického hlediska lze sice předpokládat příznivější reakci veřejnosti v případě lepší skutečnosti oproti předpovědi než v opačném případě, nicméně uvedená předpovědní strategie s sebou přináší riziko, že příliš časté výstrahy sníží pozornost a ochotu veřejnosti na ně odpovídajícím způsobem reagovat. Na druhou stranu, jestliže budeme chtít snížit počet falešných výstrah, neobejde se to bez současného nárůstu nebezpečí, že některá povodeň zůstane nepředpověděna a lidé nebudou varováni. Nalezení rovnováhy mezi oběma výše uvedenými riziky je náročné, proto každá krizová situace znovu vyvolá rozsáhlou diskusi na toto téma.

Uvážíme-li navíc skutečnost, že podle vodního zákona automaticky při vydání výstrahy pro specifikovanou oblast nastává 1. stupeň povodňové aktivity (SPA), se všemi následky v podobě vyvolaných aktivit povodňových orgánů a dalších účastníků systému ochrany před povodněmi a s nimi spojených nákladů, je riziko falešných varování velmi významné. Jako kompromisní se jeví snaha o minimalizaci falešných varování při očekávaném malém riziku odpovídajícímu nejnižší úrovni výstrahy, tedy 1. SPA na vodních tocích, a to i za cenu zvýšení počtu nepředpověděných událostí této úrovně. Současně při předpokladu vyšších kategorií výstrah (2. a 3. SPA) naopak pracovat s nepříznivější variantou. Lze ostatně předpokládat, že reakce na straně uživatelů výstrah bude při jakémkoliv výstraže velmi podobná (postup přípravy na povodeň bude vždy začínat spíše jednoduššími přípravnými pracemi v podobě povodňových prohlídek apod.) a bude postupně přizpůsobována upřesňujícím informacím o vývoji povodňového nebezpečí. Přejít z nejnižší úrovně výstrahy do vyšší kategorie musí být velmi rychlý v reakci na změnu podkladů pro jejich vydání.

3.2 Poučení na příkladu hlavního města Prahy

Povodně 2013 rovněž poukázaly na specifickou situaci Prahy z hlediska systému SIVS. Do budoucna je nezbytné řešit problematiku určení úrovně výstrahy, zejména v případě povodňových jevů pro Prahu bez čekání na efekt Vltavské kaskády.

¹⁾ Řada protipovodňových opatření může být činěna v několika stupních – např. povodňovou stěnu lze vybudovat, fekněme, na průtok 3 000 m³.s⁻¹, nebo na 4 500 m³.s⁻¹, avšak pokud je již jednou vystavěna v menší variantě a čelí návrhovému průtoku, nemusí být technicky proveditelné její navýšení na vyšší hodnotu.



Obr. 2 Návrh možného rozhodovacího stromu pro určení úrovně výstrahy na povodňové jevy pro území Prahy. Pro upřesnění uvádíme, že úrovně SPA jsou označovány: zelená = 1. SPA (bdělost), žlutá = 2. SPA (pohotovost), červená = 3. SPA (ohrožení), úroveň bez SPA není barevně označena; úrovně výstrah jsou označovány: zelená = bez nebezpečí, žlutá = nízké nebezpečí, oranžová = vysoké nebezpečí, červená = extrémní nebezpečí. Výsledná úroveň výstrahy na povodňové jevy je uvedena barvou příslušného pole v maticích v šedém poli.

Fig. 2. A proposal of a possible decision tree for the identification of flood warning level (SPA) for Prague. The flood stage color scheme used in the Czech Republic includes: green = flood watch, yellow = flood warning, red = flooding (no flood stage = white). Compare to the weather warning color system (grey field): green = no warning, yellow = low hazard, orange = high hazard, red = extreme hazard.

Jednou z možností je využití systému Indikátoru přívalových povodní (Flash Flood Guidance – FFG) indikujícího odtok z malých povodí z hlediska klasifikace nebezpečí dosažení významného odtoku v reakci na srážky. Konkrétně stanovením limitu takto zasažené plochy jako vodítka pro odvození stupně výstrahy pro Vltavu v Praze.

Alternativou je vytvoření pomocných SPA pro VD Orlík – mohlo by se jednat například o kontingenční tabulku uvažující kombinace hodnoty predikovaného přítoku a volného objemu v nádrži, příp. i s vazbou na předpovídané průtoky Berounky či Sázavy. Návrh konceptu rozhodovacího stromu pro určení úrovně výstrahy na povodňové jevy na území Prahy je předložen k diskusi na obr. 2.

Druhým aspektem povodňových výstrah pro Prahu je omezení se na problematiku Vltavy, což je mimo jiné dáno skutečností, že jiné toky na území hlavního města nejsou osazeny hlásknými profily kategorie A či B s automatizovaným přenosem. Proto jsou při přípravě výstrah poněkud opomíjeny. Doporučením by proto měl být vznik nových automatizovaných hláskných profilů na území hlavního města, zejména

na Berounce v Radotíně, na Botiči a Rokytce a jejich zařazení do celostátního systému hláskné služby ČHMÚ.

3.3 Ostatní poznatky

Kromě výše zmíněné nutnosti zřízení hláskných profilů na území hlavního města Prahy lze doporučit zřízení dalších hláskných profilů s automatizovaným přenosem ještě na dlouhých úsecích velkých toků. Konkrétně lze doporučit zřízení profilu na Vltavě pod Prahou (např. v Řeži) pro potřeby informování povodňových orgánů v Kralupech nad Vltavou a dalších obcí na dolní Vltavě nebo zřízení profilu v oblasti Litoměřické inundace na Labi².

4. ZÁVĚR

Průběh povodně mimo jiné ukázal na citlivost našeho území na přesnou lokalizaci a množství předpovídaných srážek, zejména v situacích velkého nasycení půdy. Potvrdily se rovněž obavy mnohých hydrologů a vodohospodářů, že mohou nastat povodně, při kterých bude vzestup hladin řek rychlejší, než časový prostor plánovaný pro instalaci mobilních povodňových stěn jak v Praze (v minulosti bylo poukazováno na povodeň 1872), tak v dalších městech a obcích (např. povodeň ze Smutné v Bechyni).

Do budoucna je zřejmé, že požadavky a očekávání na hydrometeorologickou službu budou narůstat, z toho důvodu je nezbytné věnovat se i problematice správné komunikace s uživateli a způsobu

a formě předkládání výstupů hydrometeorologické služby tak, aby nebyly dezinterpretovány a aby nebyly očekávány nereálné výstupy na straně jedné, ani aby nezůstávaly poskytnuté informace nevyužity. Klíčová je v tomto spolupráce s Hasičským záchranným sborem, který zajišťuje distribuci výstrah.

Povodně v červnu 2013 mimo jiné ukázaly, že důležitou úlohu při vydávání výstrah hraje nejen správná a rychlá interpretace modelových, měřených a pozorovaných informací, ale i správné vyhodnocení pravděpodobnosti naplnění modelových výstupů. Důkladná analýza povodně v rámci probíhajícího projektu Vyhodnocení povodně v červnu 2013, včetně vydávání výstrah a informací o výskytu nebezpečných jevů, bude využita při úpravě Systému integrované výstražné služby (zaměřením na četnosti, obsah a srozumitelnost výstrah).

²⁾ V Litoměřicích je automatická stanice Povodí Labe, s. p., avšak její současné technické řešení neumožňuje funkčnost při povodňových stavech, a proto v průběhu povodně v červnu 2013 data operativně nepřepínala.

Literatura

- [1] BORGA, M., 2010. Characterisation of flash floods in Europe: implications for flood risk management, WG F Thematic workshop „Flash Floods and Pluvial Flooding“, Ispra Ambiente, Cagliari. [cit. 15. 9. 2013]. Dostupné z WWW: <http://www.isprambiente.gov.it/files/acque/I1_Borga_Uni_Padua.pdf>.
- [2] BRATRÁNEK, A., 1956. Vltavská kaskáda, možnost zlepšení ochrany Velké Prahy před povodněmi. *Vodní hospodářství*, 6, s. 142–145.
- [3] DAŇHELKA, J., 2012. Výročí povodně 2002 v širších souvislostech. Prezentace na valném hromadě ČVTVHS dne 14. 5. 2012. [cit. 15. 9. 2013]. Dostupné z WWW: <http://voda.chmi.cz/doc/hist_pov.pdf>.
- [4] ELLEDER, L. – KULASOVÁ, B. – DAŇHELKA, J., 2012. Přivalová povodeň 25. a 26. května 1872 a možnost protipovodňové ochrany. In: DAŇHELKA, J., ELLEDER, L. (Eds.), 2012: Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR, Praha: ČHMÚ, s. 100–118. ISBN 978-80-87577-12-7.
- [5] ELLEDER, L. – ŠIROVÁ, J. – DRAGON, Z. – DAŇHELKA, J. – KULASOVÁ, B. et al., 2012. Povodeň z 30. ledna až 15. února roku 1862, In: DAŇHELKA, J., ELLEDER, L. (Eds.), 2012: Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR, Praha: ČHMÚ, s. 25–99. ISBN 978-80-87577-12-7.
- [6] FRYČ, T. – KURKA, D., 2013. Měření a vyhodnocení průtokových množství v době povodně v červnu 2013. *Meteorologické Zprávy*, roč. 66, č. 6, s. 208–212. ISSN 0026-1173.
- [7] MARCHI, L. – BORGA, M. – PRECISO, E. – GAUME, E., 2010. Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and applications for flood risk management. *Journal of Hydrology*, 394, 1–2, s. 118–133, ISSN 0022-1694.
- [8] MÜLLER, M. – KAKOS, V., 2004. Extrémní konvekční bouře v Čechách 25.–26. května 1872. *Meteorologické Zprávy*, roč. 57, č. 3, s. 69–77. ISSN 0026-1173.
- [9] SANDEV, M. – DVOŘÁK, M., 2013. Vyhodnocení cirkulačních podmínek v atmosféře v první polovině roku 2013. *Meteorologické Zprávy*, roč. 66, č. 6, s. 167–175. ISSN 0026-1173.
- [10] VALERIANOVÁ, A. – HOLTANOVÁ, E. – CRHOVÁ, L., 2013. Klimatologie příčných srážek červenové povodně v České republice v roce 2013. *Meteorologické Zprávy*, roč. 66, č. 6, s. 190–196. ISSN 0026-1173.

Lektoři (Reviewers): Ing. Jan Kubát, Ing. Ivan Obrusník, DrSc.

VYHODNOCENÍ CIRKULAČNÍCH PODMÍNEK V ATMOSFÉŘE V PRVNÍ POLOVINĚ ROKU 2013

Marjan Sandev, Miloš Dvořák, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, sandev@chmi.cz, milos.dvorak@chmi.cz

Evaluation of atmospheric circulation conditions in the first half of 2013. In the first half of 2013 in the wider region of Central Europe dominated unusual course of weather events. Besides significant changes in temperature, this period was also characterized by great diversity of precipitation regime. Temperature extremes were recorded and heavy rainfall was causing snow calamity, in the spring and at the beginning of summer also floods in many places of Central Europe, including the Czech Republic. Intensive precipitation, especially in the second half of May, saturated soil in Central and Western Europe and precipitation during June resulted in occurrence of floods in Central Europe. The aim of this work is to evaluate the circulation conditions that led to anomalies of meteorological parameters and to examine circumstances for subsequent recurrent floods in the Czech Republic. Due to limited space in this publication, the authors recommend to interested persons to read the extended evaluation in the project “Evaluation of the floods in June 2013”, which is available by the end of 2013.

KLÍČOVÁ SLOVA: cirkulace atmosférická – pole tlaková – srážky – konvergence – stříh větru

KEY WORDS: atmospheric circulation – field pressure – precipitation – convergence – wind shear

1. ÚVOD

První polovina roku 2013 byla na území České republiky (ČR) charakteristická četnými anomáliemi meteorologických prvků. Z grafů na obr. 1. a 2. je vidět neobvyklý průběh teplotních a srážkových charakteristik s výraznými odchylkami, které v některých případech dosáhly až extrémních hodnot.

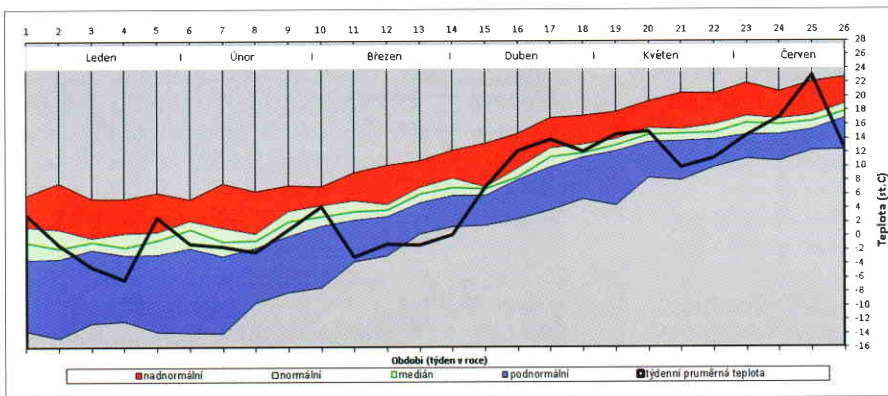
Leden a větší část února byly srážkově průměrné nebo nadprůměrné. Závěr února a první polovina března naopak přinesly suché počasí. Od 11. března následovaly čtyři týdny s ohledem na roční dobu velmi studeného počasí. Koncem března a v prvním dubnovém týdnu se vyskytla řada teplotních extrémů. Z hlediska dlouhodobých průměrných teplot se jednalo o nejméně studené období od roku 1912.

První tři měsíce roku 2013 jsou také charakteristické velmi nízkým množstvím slunečního svitu. Během celého období převládalo počasí s velkou oblačností, ať už doprováze-

né srážkami (při cyklonálním počasí) nebo beze srážek [5]. Týdenní průměrné množství oblačnosti většinou přesahovalo 8/10 pokrytí oblohy, což je i z dlouhodobého hlediska neobvyklé.

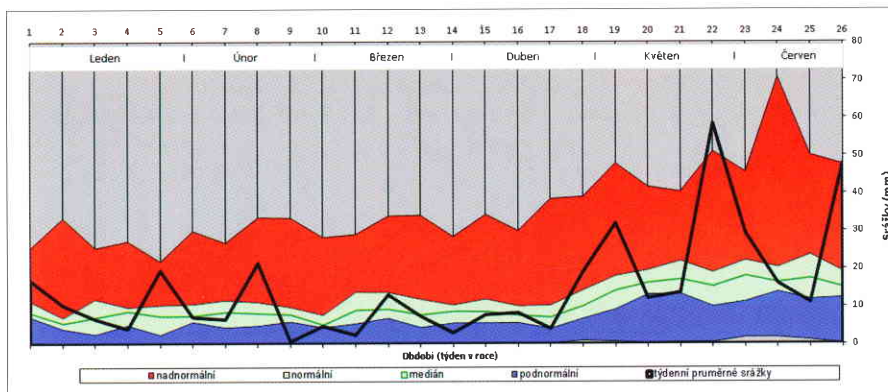
Po srážkově sušším březnu a dubnu se v květnu a červnu vyskytlo několik období s výraznými nadprůměrnými srážkami. První bylo zaznamenáno začátkem května, další dvě období přinesly z dlouhodobého hlediska extrémní srážky. Výrazně srážkové bylo období na konci května a začátkem června, kdy spadlé srážky spolu s nasycenými povodními [3] vedly k rozsáhlým povodním na území střední Evropy, včetně ČR. Další vlna povodní přišla po vydatných srážkách v posledním červnovém týdnu. Všechna tato období vzhledem k cyklonální cirkulaci byla doprovázena i výrazným úbytkem slunečního svitu.

Období od 20. května do 5. června bylo výrazně teplot-



Obr. 1 Průměrná týdenní teplota v ČR za období leden až červen 2013 v porovnání s dlouhodobými hodnotami (srovnávací období 1981–2010, extrémy za období 1912–2012).

Fig. 1. Average weekly temperature in the Czech Republic for the period January to June 2013 compared with the long-term values (comparative period 1981–2010, extremes for the period 1912–2012).



Obr. 2 Průměrné týdenní srážky v ČR za období leden až červen 2013 v porovnání s dlouhodobými hodnotami (srovnávací období 1981–2010, extrémy za období 1912–2012).

Fig. 2. Average weekly rainfall in the Czech Republic for the period January to June 2013 compared with the long-term values (comparative period 1981–2010, extremes for the period 1912–2012).

ně podprůměrné. Týden před vlnou vydatných srážek, které spadly koncem června, přišla do ČR vlna veder, během které byly překonávány teplotní extrémy na řadě meteorologických stanic. Tento 25. týden v roce, s průměrnou týdenní teplotou kolem 23 °C, byl nejteplejší za posledních minimálně 100 let.

2. ATMOSFÉRICKÁ CIRKULACE

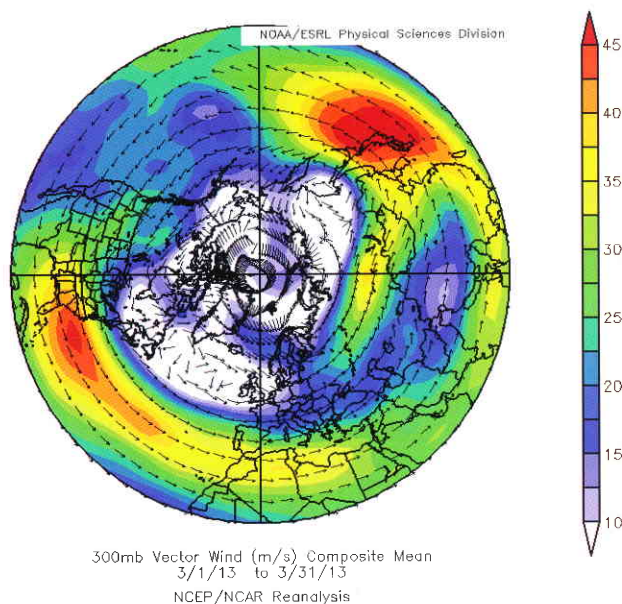
2.1 Leden až duben

Cirkulace v atmosféře v prvních třech měsících roku 2013 způsobila neobvyklý průběh počasí nejen u nás, ale téměř v celé Evropě. Od ledna do začátku dubna se do západního Středomoří dostal, nebo se zde přímo vytvořil, neobvykle vysoký počet tlakových níží. Tyto níže nad mořem nabíraly vlhkost a obvykle postupovaly dále k východu až severovýchodu přes Balkánský poloostrov, Maďarsko a Slovensko. Když se tyto oblasti nízkého tlaku vzduchu dostaly východně od našeho území, strhávaly do střední Evropy studený vzduch z vyšších zeměpisných šířek, tedy z oblastí Skandinávie a Ruska a zároveň přinášely i srážky. Ty však byly nejvýraznější východně a jihovýchodně od našeho území a v některých zemích způsobily sněhové kalamity. V lednu nastala taková situace šestkrát, obdobně i v úno-

ru a v březnu dokonce desetkrát a středy čtyř těchto tlakových níží těsně míjely naši východní hranici. Kdyby se podobná cirkulace opakovala v létě, přinesla by na četných místech evropského kontinentu výrazné povodně.

Příčiny těchto cirkulačních anomálií musíme hledat v širším okolí evropského kontinentu, zejména nad severním Atlantikem. Tryskové proudění (tzv. jet stream) nad severním Atlantikem bylo nadprůměrně silné a posunuté daleko na jih oproti běžnému stavu (obr. 3). Toto vyvolalo výraznou zápornou severoatlantickou oscilaci (NOA), což se projevilo změnou proudění nad centrální částí severního Atlantiku. Na místě, kde se obvykle nachází oblast vysokého tlaku vzduchu, tedy v oblasti Azorských ostrovů, byla rozsáhlá oblast nízkého tlaku (obr. 4). Na okraji této řídicí oblasti nízkého tlaku se vytvářely frontální vlny, které v západním proudění směřovaly do západní Evropy, resp. západního Středomoří. Toto trvalé zásobování studeným vzduchem a potenciální vorticitou¹ [6, 2] způsobovalo prohlubování již stávajících nebo opakovaný vznik nových tlakových níží v západním Středomoří.

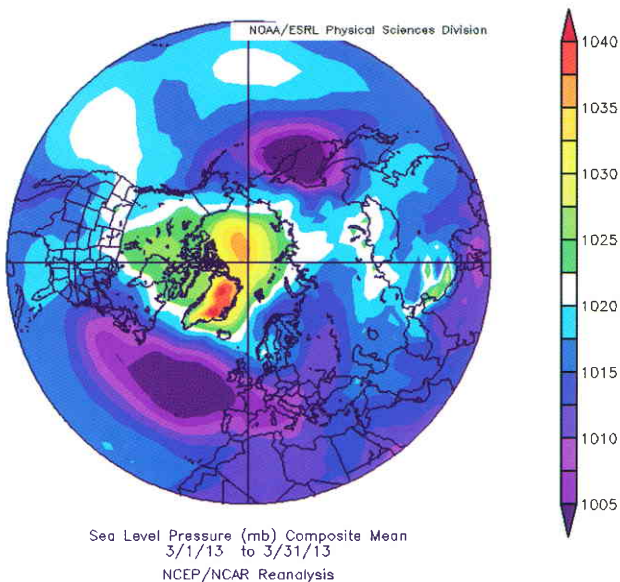
Záporná fáze arktické oscilace (AO) [1] měla v březnu za důsledek i vznik další výrazné anomálie nad Islandem. V této



Obr. 3 Průměrné hodnoty jet streamu v $m \cdot s^{-1}$ (300 hPa) na severní polokouli v březnu 2013 (zdroj NOAA/ESRL).

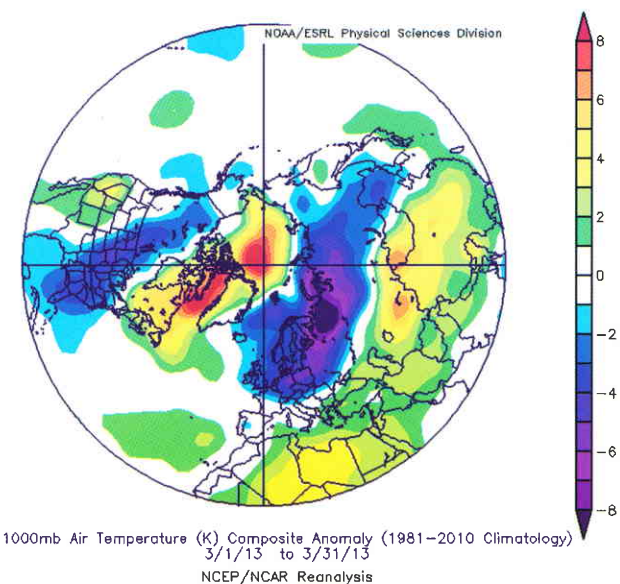
Fig. 3. Mean jet stream in $m \cdot s^{-1}$ (300 hPa) in the northern hemisphere in March 2013 (source NOAA/ESRL).

¹) Vorticitá, vírnávosť – veličina obecně charakterizující míru rotace kolem dané osy. V meteorologii se zpravidla jedná o rotaci vzduchu kolem vertikální osy.



Obr. 4 Průměrné přízemní tlakové pole [mb] na severní polokouli v březnu 2013 (zdroj NOAA/ESRL).

Fig. 4. Mean Sea Level Pressure [mb] in the northern hemisphere in March 2013 (source NOAA/ESRL).



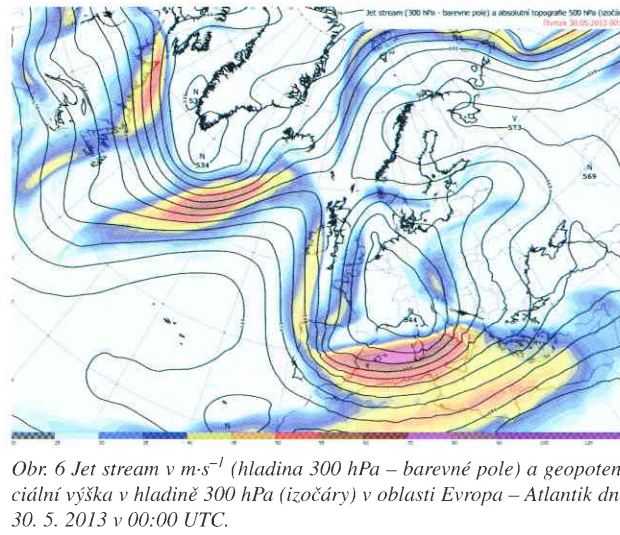
Obr. 5 Odchylka teploty vzduchu od normálu [$^{\circ}\text{K}$] v 1 000 hPa na severní polokouli v březnu 2013, normál za období 1981–2010 (zdroj NOAA/ESRL).

Fig. 5. Air temperature anomaly [$^{\circ}\text{K}$] at 1 000 hPa in the Northern Hemisphere in March 2013, climatology 1981–2010 (source NOAA/ESRL).

oblasti, která je jinak kolébkou tlakových níží, panovala v březnu tlaková výše. Při obvyklé cirkulaci se evropský kontinent ochlazuje buď vpádem studeného vzduchu z arktické oblasti (severozápadní až severní proudění), nebo rozšířením výběžku sibiřské tlakové výše. Studené počasí, které postihlo v několika vlnách větší část evropského kontinentu v březnu a začátkem dubna 2013, ilustruje obr. 5. Toto ochlazení spojené s aktivitou ve Středozemním moři není neobvyklé pro tuto roční dobu, ale v minulosti netrvalo tak dlouho a opakovaně.

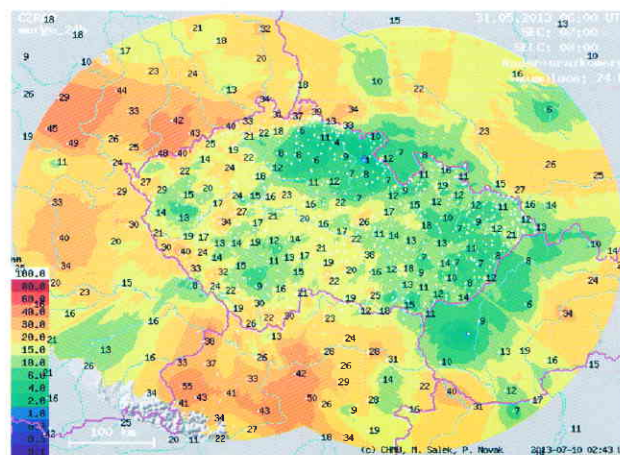
2.2 Květen

Z cirkulačního hlediska byl měsíc květen charakteristic-



Obr. 6 Jet stream v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (hladina 300 hPa – barevné pole) a geopotenciální výška v hladině 300 hPa (izočáry) v oblasti Evropa – Atlantik dne 30. 5. 2013 v 00:00 UTC.

Fig. 6. Jet stream in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (level 300 hPa – color field) and geopotential height at level 300 hPa (isolines) in the area Europe – Atlantic at 00:00 UTC on 30. 5. 2013.

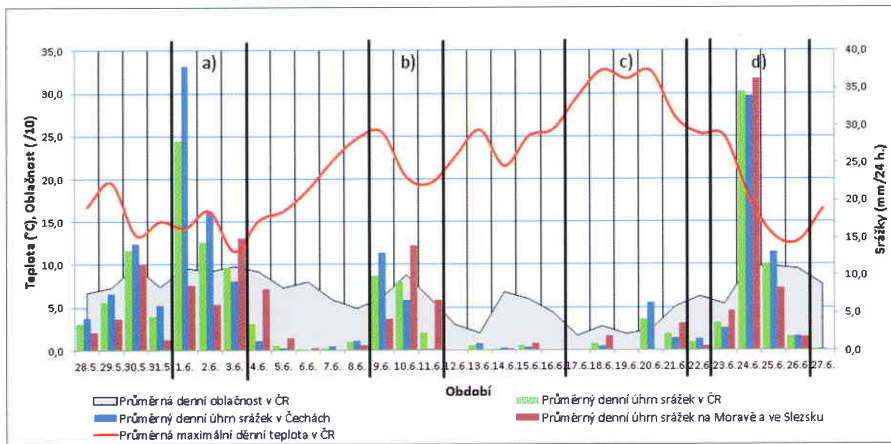


Obr. 7 Množství spadlých srážek za období od 30. 5. 06:00 UTC do 31. 5. 2013 06:00 UTC kombinací radarových odhadů a měření ze srážkoměrů.

Fig. 7. Amount of rainfall for the period from 06:00 UTC 30. 5. to 06:00 UTC 31. 5. 2013 based on combination of radars estimate and rain gauge observations.

ký výraznou cyklonální činností nad oblastí Britských ostrovů a západní, resp. jihozápadní Evropou, kde se po většinu měsíce udržovala brázda nízkého tlaku vzduchu. V první polovině května postupovaly fronty přes střední Evropu většinou od západu, při svém postupu k východu zpomalovaly a obvykle se vlnily.

Druhá polovina května byla ve znamení výrazného meridiálního proudění, které způsobovalo, že se studený vzduch při zemi často dostával daleko na jih až nad severní Afriku. V přílivu studeného vzduchu a přítomnosti jet streamu nad severní Afrikou a jihem centrálního Středomoří docházelo k tvorbě tlakových níží na sever od tohoto proudění, tedy nad západním a centrálním Středomořím. Takto vytvořené tlakové níže pak postupovaly ve směru výškového proudění (po přední straně brázd nízkého tlaku) do vnitrozemí evropského kontinentu. Při jejich postupu k severu až severovýchodu nabíraly obrovské masy vlhkého vzduchu ze Středomoří. Naopak v jejich týlu byl stále obnovován příliv studeného vzduchu od severozápadu a severu, což přispívalo k jejich neustálé regeneraci.



Obr. 8 Průběh vybraných meteorologických prvků na území ČR za období od 28. 5. do 27. 6. 2013.

Fig. 8. Course of selected meteorological parameters in the Czech Republic for the period from 28. 5. to 27. 6. 2013.

Tato cirkulace způsobila, že v závěrečné dekádě května, která bezprostředně předcházela první vlně záplav v červnu, bylo počasí v ČR výrazně teplotně podprůměrné s velkou oblačností a četnými, místy i vydatnými srážkami. Občasné deště a přeháňky byly ojediněle doprovázeny i bouřkami, ale maximální denní úhrny na stanicích nepřevýšily 40 mm.

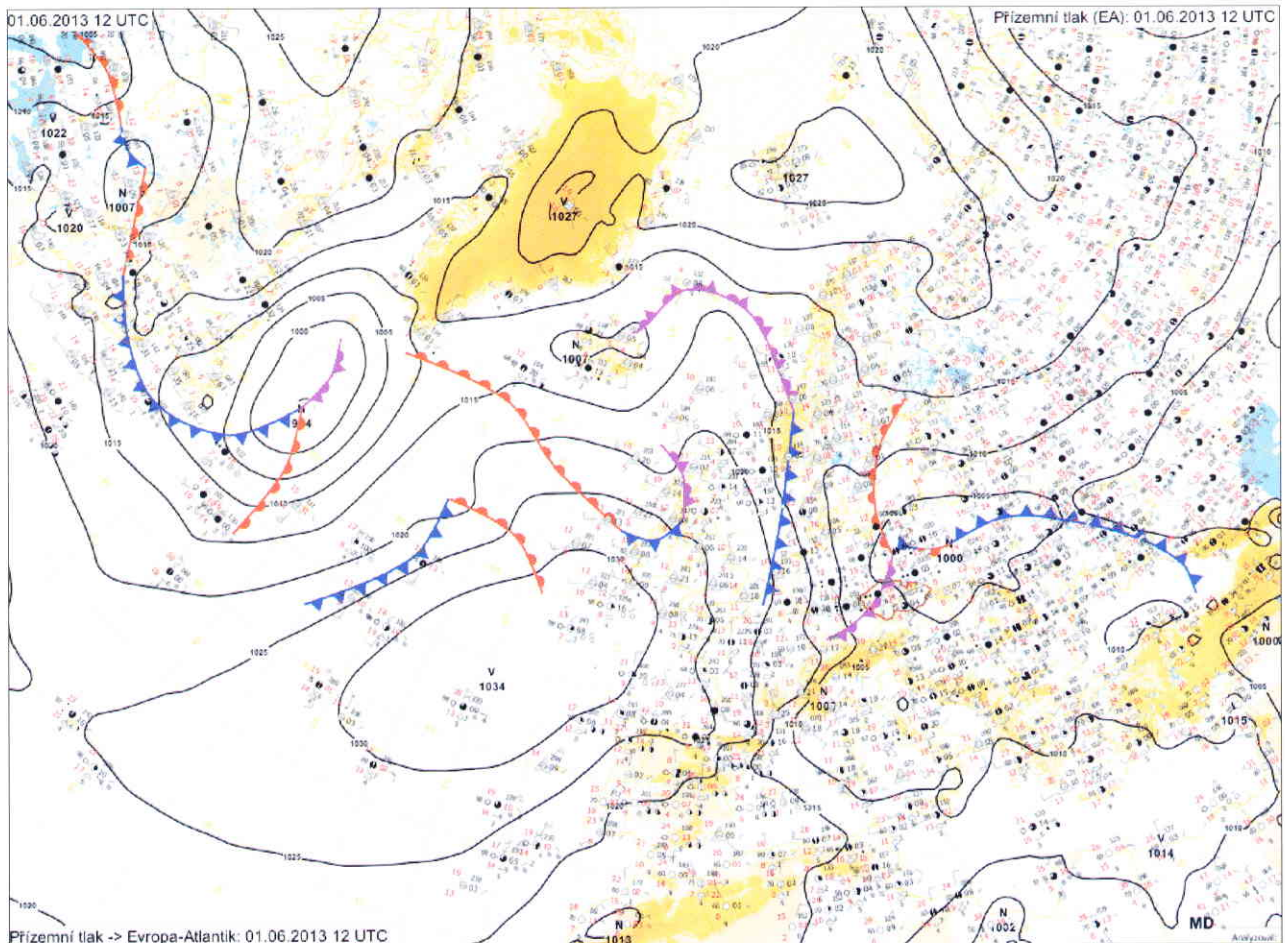
V samotném závěru května se nad větší částí evropského kontinentu udržovala rozsáhlá oblast nízkého tlaku vzduchu se středem nad západní Evropou

(JV Francie, Švýcarsko, severní Itálie) v celém průřezu atmosféry (obr. 6), kolem které se obnovovala jednotlivá jádra nízkého tlaku vzduchu.

Významné srážky spadly 26. května, kdy v průměru napršelo kolem 5 mm, a to zejména v Čechách. Nejvyšší úhrny až 59 mm zaznamenala stanice Špičák. Dalším významným srážkovým dnem byl 29. květen, kdy přišlo na většině území ČR a místy se vyskytovaly i bouřky. V průměru spadlo kolem 6 mm, nejvíce srážek spadlo v centrální části Čech s maximálním úhrnem 43 mm v okolí Příbrami.

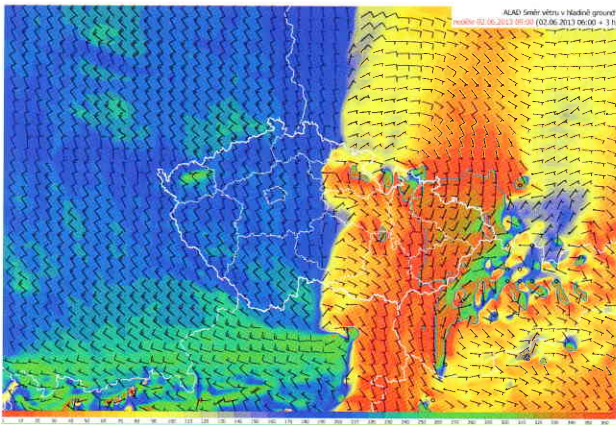
Vůbec nejdešivějším dnem měsíce byl 30. květen (obr. 7), kdy spadlo na území ČR v průměru 12 mm srážek, a to celkem rovnoměrně po celém území. Maximum srážek zaznamenaly stanice Kdyně na jihozápadě Čech a Cínovec v Krušných horách, kde spadlo shodně kolem 40 mm srážek.

Jednou z příčin povodňové situace v červnu 2013 byl velmi vlhký květen, který byl jako celek na území ČR srážkově nadnormální s průměrným srážkovým úhrnem 113 mm, což odpovídá 152 % normálu. V Čechách bylo v průměru naměřeno



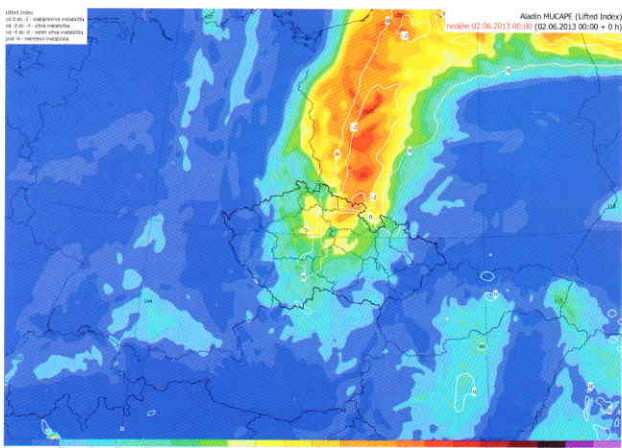
Obr. 9 Synoptická situace včetně frontální analýzy v oblasti Evropa – Atlantik dne 1. 6. 2013 ve 12:00 UTC.

Fig. 9. Synoptic situation including frontal analysis in area Europe – Atlantic at 12:00 UTC on 1. 6. 2013.



Obr. 10 Konvergence vzduchu v hladině 1 000 hPa (barevné zobrazení směru větru 0 až 360°, černé praporky – směr a rychlost větru) nad střední Evropou dne 2. 6. 2013 v 09:00 UTC (předpověď z modelu ALADIN z 2. 6. 2013 06:00 UTC).

Fig. 10. Ground air convergence in 1 000 hPa (color display of wind direction from 0 to 360°, black flags – wind direction and speed) over Central Europe at 09:00 UTC on 2. 6. 2013 (forecast of the ALADIN model from 06:00 UTC 2. 6. 2013).



Obr. 11 Analýza instability nad střední Evropou dne 2. 6. 2013 v 00:00 UTC (výstup z modelu ALADIN ze stejného termínu), barevné pole – MUCAPE, bílé čáry – Lifted Index v $J \cdot kg^{-1}$.

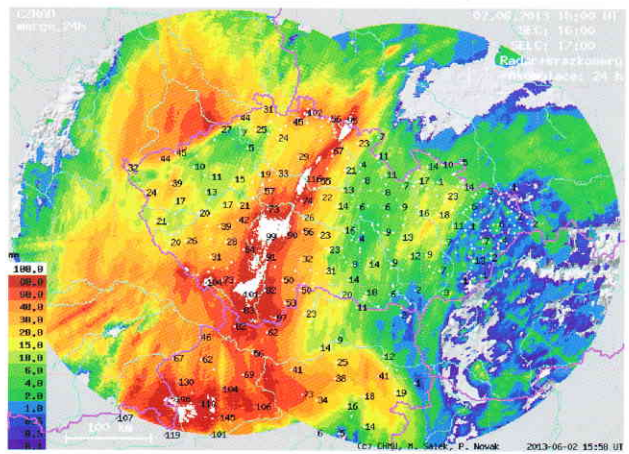
Fig. 11. Analysis of instability over Central Europe at 00:00 UTC on 2. 6. 2013 (output from the ALADIN model from the same term), color field – MUCAPE, white lines – Lifted Index in $J \cdot kg^{-1}$.

no 115 mm (174 % normálu), na Moravě a ve Slezsku 97 mm (137 % normálu).

2.3 Červen

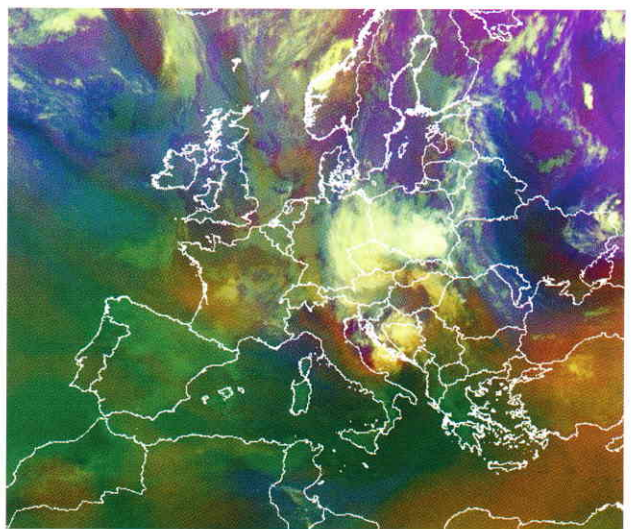
Z hlediska srážkové činnosti a následné hydrologické odezvy se během června vyskytla čtyři významná synoptická období. Průběh vybraných meteorologických prvků v tomto období je znázorněn graficky na obr. 8.

Konec května a začátek června 2013 byly na území ČR ve znamení cyklonálního počasí s velkou oblačností a četnými srážkami. Srážky, které se vyskytly v období od 1. 6. do 3. 6. (obr. 8, období a) způsobily povodně na části území ČR, extrémní srážky byly zaznamenány hlavně 1. 6., a to v Čechách, kde oproti území Moravy a Slezska napršelo až 4krát více srážek. Toto období bylo charakteristické i poměrně nízkými teplotami vzduchu. Další významné srážkové období nastalo od 9. 6. do 11. 6. 2013 (obr. 8, období b), kdy převládalo instabilní počasí, místy s výraznou bouřkovou čin-



Obr. 12 Množství spadlých srážek za období od 1. 6. 15:00 UTC do 2. 6. 2013 15:00 UTC kombinací radarových odhadů a měření ze srážkoměrů.

Fig. 12. Amount of rainfall for the period from 15:00 UTC 1. 6. to 15:00 UTC 2. 6. 2013 based on combination of radars estimate and rain gauge observations.



Obr. 13 Synoptická situace včetně frontální analýzy v oblasti Evropa – Atlantik dne 25. 6. 2013 v 00:00 UTC.

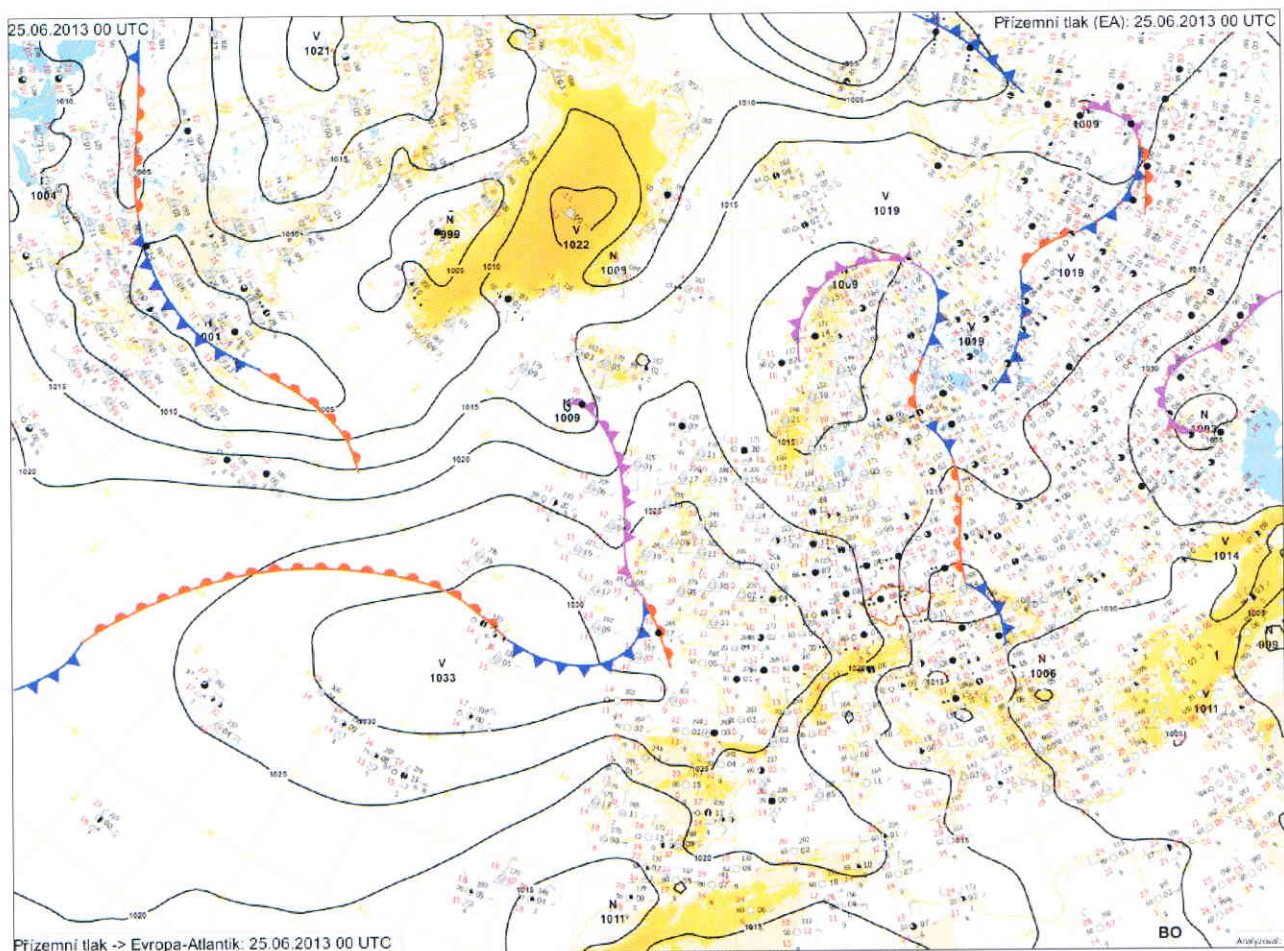
Fig. 13. Synoptic situation including frontal analysis in area Europe – Atlantic at 00:00 UTC on 25. 6. 2013.

ností. V druhé polovině června začal do střední Evropy proudit tropický vzduch od jihu a následovalo slunečné a velmi teplé období (obr. 8, období c). V posledním srážkově výrazném období se na území ČR opět vyskytly povodně. Od 23. 6. do 26. 6. (obr. 8, období d) převládalo opět cyklonální počasí doprovázené velkou oblačností a srážkami, přechodně i extrémními (24. 6.), které byly tentokrát rozloženy rovnoměrně na území celé ČR. Teploty opět výrazně klesly.

Měsíc červen 2013 jako celek byl na území ČR srážkově nadnormální, s průměrným srážkovým úhrnem 146 mm, což odpovídá 174 % normálu. V Čechách bylo v průměru naměřeno 152 mm (185 % normálu), na Moravě a ve Slezsku 119 mm (137 % normálu). Dvě srážkově významná období (a, d) jsou dále popsána podrobněji.

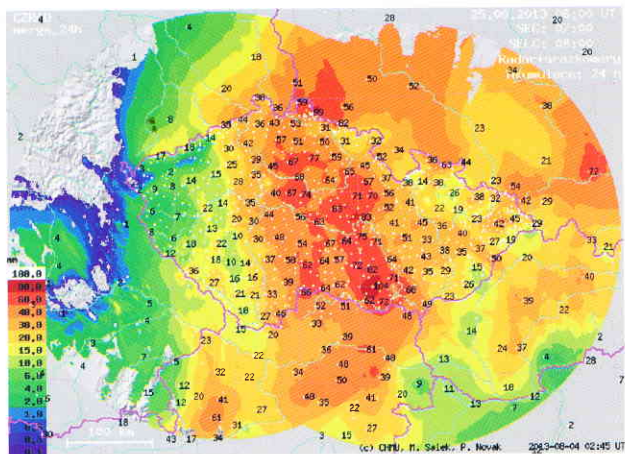
Srážkové období od 1. do 3. června 2013

Cirkulace ze závěru května pokračovala i na začátku června. Střed mohutné tlakové níže ve vyšších hladinách atmo-



Obr. 14 Snímek z družice MSG 2 – produkt „Airmass“ z termínu 25. 6. 2013 00:00 UTC.

Fig. 14. Satellite image from MSG 2 – product “Airmass” at 00:00 UTC 25. 6. 2013.



Obr. 15 Množství spadlých srážek za období od 24. 6. 06:00 UTC do 25. 6. 2013 06:00 UTC kombinací radarových odhadů a měření ze srážkoměrů.

Fig. 15. Amount of rainfall for the period from 06:00 UTC CEST 24. 6. to 06:00 UTC 25. 6. 2013 based on combination of radars estimate and rain gauge observations.

sféry postupoval z jihozápadní Evropy k severovýchodu a při svém postupu byl blokován rozsáhlou tlakovou výší nad severovýchodní Evropou. Z oblasti Azorských ostrovů zasahoval do jihozápadní Evropy hřeben vyššího tlaku vzduchu. Rozhodující pro výraznou srážkovou epizodu 1. a 2. 6. byla

tlaková níže, která se vytvořila 30. 5. na frontální vlně východně od území ČR a zvolna postupovala nad něj. Nad severní Evropou se udržovala tlaková výše a zároveň nad západní Evropou mohutněl výběžek azorské tlakové výše. Oba útvary postupně zablokovaly postup níže dále na sever a západ, což způsobilo její setrvání nad centrální částí evropské pevniny. Nad naším územím se vlnilo frontální rozhraní (obr. 9), které setrvalo téměř 20 h bez výraznějšího pohybu. V dalších dnech se tlaková níže nad východní Evropou začala zvolna vyplňovat, ale ještě 5. 6. ovlivňovala východ našeho území. Zároveň se do Čech rozšířil nevýrazný výběžek vyššího tlaku vzduchu od západu a v následujících dnech se nad střední Evropou udržovalo už jen nevýrazné tlakové pole.

Tato synoptická situace způsobila, že se během 1. 6. vytvořilo nad územím ČR výrazné konvergentní proudění v přízemní vrstvě. Čára konvergence setrvala po řadu hodin na stejném místě a 2. 6. ležela v prostoru od severních přes střední až do jižních Čech (obr. 10), odkud se začala jen pozvolna posouvat k východu. V týlu tlakové níže proudil do Čech studený vzduch od severozápadu (silné proudění v nižších hladinách) a zároveň mezi přízemní vrstvou a výškou od 3 do 6 km existoval výrazný stříh větru (přes 15 m s^{-1}).

Dalším prvkem, který přispěl k výrazným srážkám, bylo instabilní zvrstvení a to zejména na severu Čech (obr. 11). S výjimkou jižních Čech se v oblasti konvergence vyskytovaly kromě výrazného deště i občasné bouřky. V Krkonoších docházelo k významné bouřkové činnosti (Černá hora 80 mm za 6 h, Luční bouda 51 mm za 6 h). Hlavní příčinou povod-

ní v této oblasti byla ta skutečnost, že bouřkové buňky, i když nepříliš vertikálně vyvinuté, opakovaně postupovaly přes stejné území a přechodně se intenzita srážek výrazně zvýšila. Důvodem opakovaného výskytu bouřek na jednom místě byla bezprostřední blízkost středu tlakové níže nad Polskem a její setrvání na stejném místě po několik hodin. V instabilním prostředí vlhký vzduch narážel na návětrí Krkonoš, přičemž se vytvářela silná dynamická vzestupná proudění. Kombinace všech faktorů způsobila výrazné srážkové úhrny v relativně úzkém pásmu a v krátkém časovém období. Za období od 1. 6. 15:00 UTC do 2. 6. 2013 15:00 UTC v pásu nepřesahujícím šířku 50 km (obr. 12) napršelo za 24 hodin přes 80 mm, na některých místech i přes 100 mm srážek.

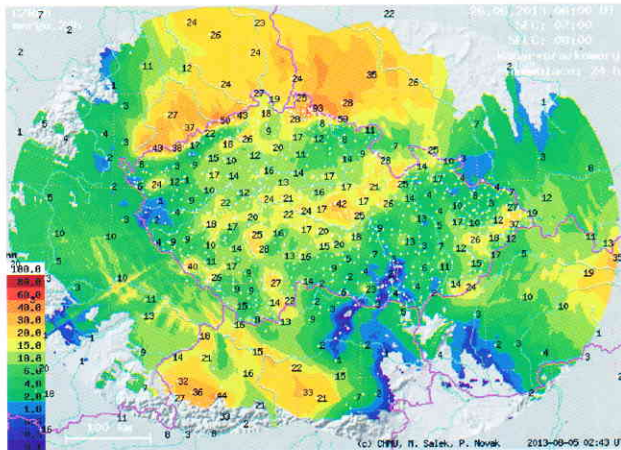
Týden na přelomu května a června byl srážkově extrémní. Jen za období od 1. 6. do 3. 6. spadlo na území ČR v průměru kolem 50 mm srážek, což způsobilo spolu s předchozím nasycením půdy rychlé zvýšení hladin řek a následně i povodně. Nejvíce srážek spadlo 1. 6. v Horním Maršově, 130 mm, v rámci regionů v průměru nejvíce spadlo v Jihočeském kraji, 58 mm, a Středočeském kraji, 45 mm. Dne 2. 6. nejvíce přišlo ve středních Čechách, 25 mm, nejvyšší denní úhrn měla konkrétně stanice Poděbrady, 88 mm. Dne 3. 6. se srážky vyskytovaly rovněž na celém území ČR, jádro výrazných srážek se však přesunulo na severní Moravu, s maximem na Lysé hoře kolem 47 mm a na stanici Morávka, kde spadlo až 50 mm.

Srážkové období od 23. do 26. června 2013

Čtyřdenní období v poslední červnové dekádě přineslo mimořádné srážky na území ČR i z hlediska dlouhodobých měření. Extrémní byl zejména jednodenní srážkový úhrn 24. 6., kdy na našem území v průměru spadlo kolem 35 mm srážek. V důsledku těchto srážek se na území ČR vyskytly opět povodně, hlavně v Čechách a v povodí Dyje na Moravě.

Brázda nízkého tlaku vzduchu ve vyšších hladinách, která se 22. 6. nacházela nad Britskými ostrovy, se postupně začala propadat k jihu a postupovat do vnitrozemí evropského kontinentu. Při zemi postupovala ze západní do střední Evropy studená fronta, která se nad Alpskou oblastí začala vlnit. 23. 6. se na území ČR nacházelo frontální rozhraní, po jehož přechodu k nám začal proudit chladnější vzduch od severozápadu a přechodně se rozšířil nevýrazný výběžek vyššího tlaku od západu. 24. 6. se ve večerních a nočních hodinách na pomalu postupující zvlněné studené frontě vytvořila jihovýchodně od našeho území samostatná tlaková níže, v jejímž týlu k nám zesílil příliv studeného vzduchu od severozápadu až severu (obr. 13).

Dne 25. 6. brázda ve vyšších hladinách ovlivňovala už celou západní a střední Evropu, včetně Itálie a západního Balkánu. Nad severovýchodní Evropou se udržoval hřeben vysokého tlaku vzduchu, nad východní Evropou zpočátku setrvala další výšková brázda. Oba tyto útvary blokovaly postup brázdy k východu a severovýchodu, brázda se ještě více prohlubovala, což v závěru období přispělo k tvorbě už uzavřené výškové tlakové níže setravající na místě. Při zemi střed tlakové níže těsně míjel severovýchod území ČR a při svém retrográdním postupu k severozápadu, se začala prohlubovat, což zapříčinilo zesílené proudění ze severních směrů v nižších vrstvách atmosféry. Do této cyklonální cirkulace byl vtažován vlhký a zpočátku i relativně teplý vzduch ze Středozemního (Jaderského) a Černého moře, který byl přenášen po přední straně brázdy k severu do vnitrozemí (obr. 14). Zde se střetával se studeným vzduchem v nižších hladinách,



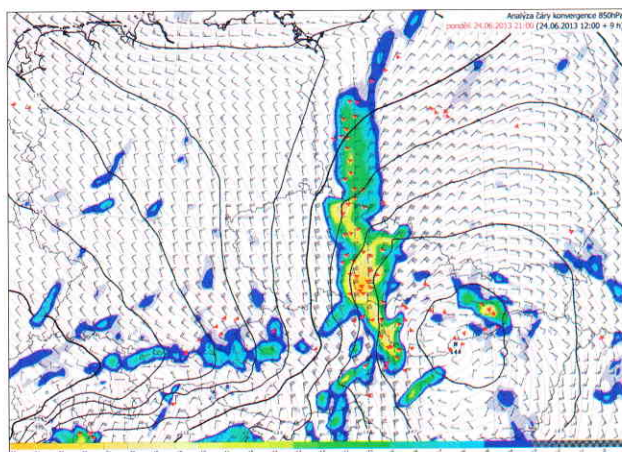
Obr. 16 Množství spadlých srážek za období od 25. 6. 06:00 UTC do 26. 6. 2013 06:00 UTC kombinací radarových odhadů a měření ze srážkoměrů.

Fig. 16. Amount of rainfall for the period from 06:00 UTC 25. 6. to 06:00 UTC 26. 6. 2013 based on combination of radars estimate and rain gauge observations.

což přispívalo k tvorbě intenzivních srážek v širším okolí střední Evropy.

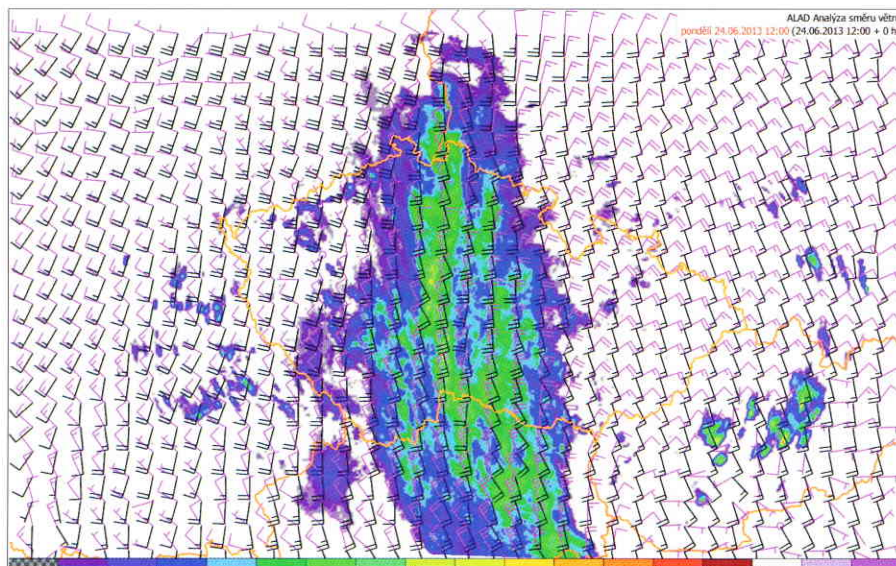
Dne 26. 6. se střed tlakové níže dostal až nad jižní Skandinávii, kde se zvolna začal vyplňovat. V závěru období se do střední Evropy začal rozšiřovat výběžek vyššího tlaku vzduchu a srážky na našem území postupně od západu ustaly.

Frontální rozhraní, které přecházelo přes naše území během 23. 6., přineslo místní přeháňky, na severovýchodě území ojediněle i bouřky, při kterých spadlo přes 40 mm srážek. Další frontální vlna postupující z alpské oblasti k severovýchodu přinesla první výraznější deště ve večerních hodinách na jihozápadě Čech. Během noci na 24. 6. se srážky postupně rozšířily i na Vysočinu, jižní Moravu a do středních a východních Čech. Během dopoledne 24. 6. se výrazné srážkové pásmo udržovalo ve východní polovině Čech



Obr. 17 Konvergence vzduchu nad střední Evropou (barevné pole), geopotenciální výška (izočáry), směr a rychlost větru (praporečky) a proudnice (červené čáry) v hladině 850 hPa dne 24. 6. 2013 ve 21:00 UTC (průměr z modelů ALADIN, GFS, ECMWF a EDZW – předpověď z 24. 6. 2013 12:00 UTC).

Fig. 17. Convergence flow over Central Europe (color field), geopotential height (isolines), wind direction and speed (flags) and streamlines (red lines) at level 850 hPa at 21:00 UTC on 24. 6. 2013 (average of models ALADIN, GFS, ECMWF a EDZW – forecast from 12:00 UTC 24. 6. 2013).



Obr. 18 Analýza větru ve vybraných hladinách (fialové praporky – vítr v hladině 850 hPa, černé praporky – vítr v hladině 500 hPa) dne 24. 6. 2013 ve 12:00 UTC (výstupy z modelu ALADIN ze stejného termínu), radarová odrazivost – srážky v mm (barevné pole) ze stejného termínu.

Fig. 18. Analysis of wind at selected levels (purple flags – wind at level 850 hPa, black flags – wind at level 500 hPa) at 12:00 UTC on 24. 6. 2013 (outputs from the model ALADIN from the same date), radar reflectivity – precipitation in mm (color field) from the same date.

a na západní Moravě a zůstávalo zde až do večerních hodin téměř bez pohybu. K večeru se výrazné srážky začaly objevovat i na ostatním území Moravy a Slezska. V první polovině noci na 25. 6. začaly srážky na východě Moravy a Slezska ustávat a celé srážkové pásmo se pozvolna posouvalo zpět na západ. Do rána už přišlo téměř na celém území Čech. Během dopoledne 25. 6. intenzita srážek pozvolna slábla, do večera srážky většinou ustaly.

24. 6. přišlo téměř na celém území ČR a byl to nejdeštější den celého června. Nejvyšší úhrny byly zaznamenány při trvalých vydatných deštích ve východních Čechách (v průměru 49 mm) a na jižní Moravě (47 mm), zatímco západní výběžek České republiky se výjimečně obešel beze srážek. Podle údajů z meteorologických stanic nejvíce srážek spadlo v okolí Moravského Krumlova – 104 mm za 24 hodin. Během 24hodinového období 24. 6. 06:00 UTC do 25. 6. 06:00 UTC na území ČR spadlo v pásu širokém kolem 150 km (ve směru západ–východ) více než 40 mm srážek. Srážky na některých stanicích trvaly s proměnlivou intenzitou i přes 24 hodin. Nejvíce byly postiženy severní a východní Čechy, východní polovina středních Čech, Vysočina a západní Morava (obr. 15).

I když se 25. 6. srážky vyskytovaly téměř na celém území, spadlo už v průměru jen kolem 10 mm. Nejvíce srážek bylo naměřeno v Krušných a Jizerských horách a ve východních Čechách (obr. 16). Maximální denní úhrn 93 mm měla stanice Bílý Potok v Jizerských horách. 26. 6. spadly na území ČR v průměru už jen necelé 2 mm srážek, s maximálními úhrny v severních a východních Čechách a na severu Moravy a Slezska do 20 mm.

Z makrosynoptického hlediska je tato neobvykle silná srážková činnost nad střední Evropou způsobena již zmíněnou atmosférickou cirkulací a rozložením tlakových útvarů nad Evropou v celé vrstvě atmosféry. Z mezsynoptického hlediska byly tyto intenzivní a trvalé srážky nad centrální částí ČR způsobeny silnou konvergencí vzduchu v nižších hladinách (obr. 17), která zůstávala po řadu hodin téměř bez pohy-

bu. Konvergence vyvolávala silná dynamická vzestupná proudění. K tomu se v inkriminované oblasti vyskytoval i výrazný stříh větru (obr. 18) a spolu s konvergencí přispíval k tvorbě intenzivních a déletrvajících srážek. V nižších hladinách (850 hPa) převládalo proudění ze severních směrů, naopak ve vyšších hladinách (500 hPa) foukal vítr z jihu. Intenzita srážek byla na návětrných stranách pohoří a hor (Vysočina a Krkonoše) umocněna i silným severním prouděním v nižších hladinách (opět obr. 18).

3. ZÁVĚR

Během června 2013 území ČR zažilo v několika vlnách povodně. Místní přívalové povodně, které zasáhly ČR na přelomu první a druhé červnové dekády (obr. 8, období b), byly způsobeny výlučně bouřkovou činností, která se během letní poloviny roku vyskytuje nad pevninou evropského kontinentu zcela běžně. Společným rysem dalších dvou povodňových situací, které zasáhly naše území na začátku (obr. 8, období a) a v posledním týdnu června 2013 (obr. 8, období d), byla přítomnost oblastí nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou jak v nižších, tak i ve vyšších vrstvách atmosféry. V oblastech nižšího tlaku vzduchu ležela frontální rozhraní, která výrazně ovlivnila srážkový režim nad územím ČR.

Když se tlakové níže dostaly do centrální části Evropy, byly blokovány okolními tlakovými útvary, zejména tlakovými výšemi nad severní a severovýchodní Evropou nebo i brázdou nízkého tlaku vzduchu nad východní Evropou (obr. 8, období v případě d). Takto rozložené tlakové útvary spolu s výraznou cyklonální potenciální vorticitou ovlivňovaly trajektorie tlakových níží ze střední Evropy a způsobovaly jejich retrogradní postup k západu až severozápadu. Přítomnarážely na výběžek azorské tlakové výše, který se rozšiřoval od jihozápadu a spolu s blokujícím efektem již zmíněných tlakových útvarů způsoboval zpomalování a postupně i setrvávání těchto níží nad centrální částí Evropy po několik dní. Po celou dobu byly níže stále živěny chladnějším vzduchem od severozápadu až severu a přílivem relativně teplejšího a vlhčího vzduchu ve vyšších hladinách z okolních moří (Středozemní, včetně Jaderského a Černého moře).

I z mezsynoptického hlediska lze mezi oběma povodňovými situacemi najít společné rysy. Jedná se hlavně o přítomnost silné konvergence vzduchu v nižších hladinách a výrazný stříh větru mezi hladinami určujícími srážkovtvořné procesy. Při první povodňové vlně (obr. 8, období a) bylo celkové množství spadlých srážek výrazně ovlivněno i konvekčními bouřkovými procesy v atmosféře. Tyto srážky tedy byly produktem kombinace velkoprostorových srážek a srážek spojených s bouřkovou činností. Projevilo se to zejména na severu Čech. Obdobně jako při povodních na Novojičínsku v létě 2009 [7] se zde objevil tzv. řetězový efekt („train effect“). Všechny tyto faktory způsobily výrazné srážkové úhrny v úzkém pásu území a v relativně krátkém čase.