

Zborník príspevkov zo seminára

XVI. medzinárodné stretnutie snehárov

Žiarska dolina
23.-25.3.2011



L. Holko
(editor)

Ústav hydrológie SAV, Experimentálna hydrologická základňa, Liptovský Mikuláš
September 2011

Pod'akovanie

Tento zborník bol pripravený vďaka podpore projektov VEGA -2/0042/11, IAEA Research Contract No. 16061/R0 a MVTs IAEA.

Úvod

V dňoch 23.-25.3.2011 sa v hoteli Spojár pri Žiarskej doline uskutočnilo 16. stretnutie snehárov. Na sa zúčastnilo vyše 30 účastníkov reprezentujúcich výskum, hydrometeorologickú službu, univerzity, ale aj súkromné firmy a osoby zo Slovenska a Českej republiky a Rakúska. Prvý deň stretnutia bol venovaný odbornému semináru. Väčšina prezentácií sa zaoberala metodikou merania snehu a interpoláciami snehových charakteristík, ale odzneli aj prezentácie venované využitiu satelitných snímok pri určovaní priestorového rozdelenia snehovej pokrývky, jeho zmien v čase a hydrologickom modelovaní a využitiu metód izotopovej hydrologie pri skúmaní úlohy snehu v hydrologickom cykle.



Väčšinu druhého dňa sme tradične strávili v teréne. Počasie v Žiarskej doline nám prialo a tak sme mohli prakticky sledovať priestorové rozdelenie snehu v zložitom horskom teréne počas zimy, ktorá bola prinajmenšom oblasti v Západných Tatier už druhou zimou za sebou s extrémne nízkymi hodnotami výšky a vodnej hodnoty snehu aj v najvyšších polohách. Snehová pokrývka v Západných Tatrách sa už druhý rok po sebe v podstate roztopila o viac ako mesiac skôr, ako sme boli doteraz zvyknutí.



Ako pripomenul J. Turčan, snehárske stretnutie sa začalo v deň, kedy pred 42 rokmi zahynul pri meraní snehu v neďalekých Nízkych Tatrách zakladateľ hydrológie snehu na Ústave hydrológie SAV V. Kozlík. Nasledujúcu pracovnú správu z vtedajšej cesty, ktorá okrem tejto smutnej udalosti opisuje aj priebeh merania snehu v daný deň poskytol J. Turčan.

Zpráva

o činnosti pracovnej skupiny dňa 23.III.1969.

Členovia skupiny: Ing.Vladimír Kozlík CSc.
Ing.Ladovít Melnár
Ing.Jozef Turčan

Miesto pobytu: Hotel Kosodrevina /Chopok -Juh 1500 m.n.m./

Poveternostná podmienky:

Poveternostná situácia v deň merania bola ovplyvnená predchádzajúcou tlakovou zmenou.V dôsledku tejto zmeny bol nestály ráz počasia s veľkou oblačnosťou so striedavým, vetrom s hmlou. Povrch snehovej pokrývky bol formovaný predošlým odmäkom a dážďom, takže po zamrznutí sa vytvorila silná ľadová kôra.

Činnosť pracovnej skupiny dňa 23.III.1969.

Po organizačných prípravách a rozdelení práce Ing.Kozlíkom na dve pracovné skupiny, bol odhod z hotela stonovaný na 9⁰⁰ hod. Pre zlé poveternostné šituaču sedačkový výťah v rovných hodinách nepremával.Preto naša skupina použila lyžiarsky vlek-úsek Kosodrevina až na výšku cca 1900 m.n.m. Z tejto výšky sme sa presunuli na prvé merné stanovište v doline Irengeška. Presun traversom po južnom svahu Chopku a Ľumbiera bol veľmi namáhavý pre uvedené snehové podmienky.Vyžadoval veľkú opatrnosť z dôvodu zlej viditeľnosti a možného zošmyku po svahu pri páde na zľadovatenom snehu.Nepriek týmto podmienkam sme bez komplikácií došli na profil 1400-S-L+O o 10²⁰ hod. V meraní sme pokračovali v doline Irengeška na profiloch

1300 - S-L /11⁰⁰ hod./

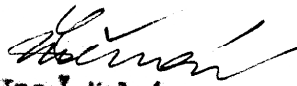
1200 - S-L /11⁴⁰ hod./

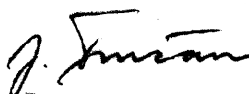
1200 - J-L /12⁰⁵ hod./

Podas merania v lese, v ťažkom teréne a za sťažených snehových podmienok došlo k niekoľkým pádom všetkých členov skupiny. K zraneniu nedošlo.

S ohľadom na dennú snehovú situáciu a ťažšie terénne podmienky na ďalších merných stanovištiach, sme sa rozhodli postupovať ďalej bez lyží. Lyže sme uložili v chate horskej služby. Od chaty HS sme pokračovali výstupom na svahu Gápza, profil 1200-Z-L /13⁰⁰ hod./ Výstup viedol lesom a ďalej od spomenutého profilu skalnatým exponovaným terénom. Bolo nutné zachovávať zvýšenú opatrnosť. Po príchode na fotogrametrickú plochu /1150-1250 m.n.m./ a po rozdelení práce sme započali s meraním. Ing. V. Kozlík mal zapisovať namerané hodnoty. Po vyplnení hlavíčky merného zápisníku kde uviedol Ing. Kozlík čas merania 13³⁰ náhle padol. Poskytovali sme mu prvú pomoc dýchaním z úst do úst a masážou srdca 45 min. Od pádu nebol pri vedomí a napriek poskytovanej pomoci neprejavil už známky života. Privolali sme preto členov HS a pomáhali pri znášení k ceste. Sanitkou sme ho odviezli do nemocnice v Podbrezovej. Lekári asi o 17⁰⁰ konštatovali, že k sarti došlo ešte pred prevozom do nemocnice. Po zariadení potrebných formalít v nemocnici sme späť sa asi o 18,30 vrátili do hotelu Kosodrevina a oznámili udalosť do Bratislavy.

V Bratislave 9. IV. 1969.


Ing. L. Molnár
Krnárove 19
Bratislava


Ing. J. Jurčen
Kovárnické 24
Bratislava

Proceedings of the 16th annual Slovak Snow Meeting
Hotel Spojár, Žiarska dolina valley, 23-25 March 2011 (Editor L. Holko)

The meeting was attended over 30 participants representing research, hydrometeorological services, universities, but also private companies and individuals from Slovakia, Czech republic and Austria. The first day of the meeting was devoted to presentations. Most of them dealt with methodology of snow measurements and interpolation of snow characteristics. Several presentations informed on utilization of satellite snow images and isotopes in snow hydrology. Most of the second day was spent in the field. The weather in the Žiarska dolina vally was suitable to observe spatial distribution of snow cover in the snow-poor winter. Winter 2011 was second winter in a row when the snow cover in mountains melted over a month earlier than usually.

Obsah

Zlepšení vstupních dat pro výpočet zásob ve sněhové pokrývce v ČHMÚ Šimon Bercha	1
Měření a vyhodnocení sněhové pokrývky na experimentálním povodí v Jizerských horách Libor Ducháček	6
Zmiana struktury pokryvy snežnej – ryzyko wyzwolenia lawiny Anna Fiema	10
Expediční měření sněhu v Orlických horách pro účely hydrologických předpovědí Eugenie Hančarová, Milena Tomášková	15
Dunaj na východ od Viedne Vladimír Holčík	21
Úloha snehu v hydrologickom cykle Ladislav Holko, Michal Dóša, Michal Danko, Zdeněk Kostka	29
Monitoring akumulace a tání sněhové pokrývky v pramenné oblasti Otavy Jan Jelínek, Michal Jeníček, Jakub Čurda, Hana Beitlerová	37
Automatické sněhoměrné stanice v ČR – problematika měření SCE a SVH Jan Jirák	41
Srovnání interpolačních metod z hlediska kvality předpovědi výšky a vodní hodnoty sněhu v neznámých bodech Dana Kučerová, Michal Jeníček	48
Desaťročie globálnych pozorovaní snehovej pokrývky pomocou satelitných snímok MODIS Juraj Parajka	56
Možnosti využití vypočtené vodní hodnoty sněhu pro stanovení zásob vody v povodí Pavla Řiřicová, Martina Kimlová	66
Operační monitoring sněhové pokrývky z dat DPZ Kateřina Spazierová, Lukáš Brodský	74
Eroze půdy a transport plavenin při tání sněhu Hana Strědová, Tomáš Středa	82
Prostorová analýza sněhových dat Martin Stříž, Luboš Němec	89

ZLEPŠENÍ VSTUPNÍCH DAT PRO VÝPOČET VODNÍCH ZÁSOb VE SNĚHOVÉ POKRÝVCE V ČHMÚ

Šimon Bercha

Český hydrometeorologický ústav

Úvod

Vstupní data pro vyhodnocování sněhových zásob v ČHMÚ, kterými jsou celková výška sněhu SCE a vodní hodnota sněhu SVH, lze rozdělit do několika hlavních skupin. První, nejdůležitější skupinou jsou data získávána z pravidelných pondělních měření SCE a SVH na klimatologických a srážkoměrných stanicích (celkově okolo 800 stanic). Tato skupina se dále dělí na prvou část, která čítá zhruba 400 operativních stanic, jejichž hodnoty jsou v databázi k dispozici ihned v průběhu pondělního měřicího dne. Data z druhé části této skupiny, která rovněž čítá okolo 400 stanic, se většinou zaznamenávají v rámci měsíčního výkazu stanice a hodnoty jsou k dispozici až na začátku nadcházejícího měsíce. Pro operativní výpočet zásob vody ve sněhové pokrývce nelze data z této druhé skupiny využít.

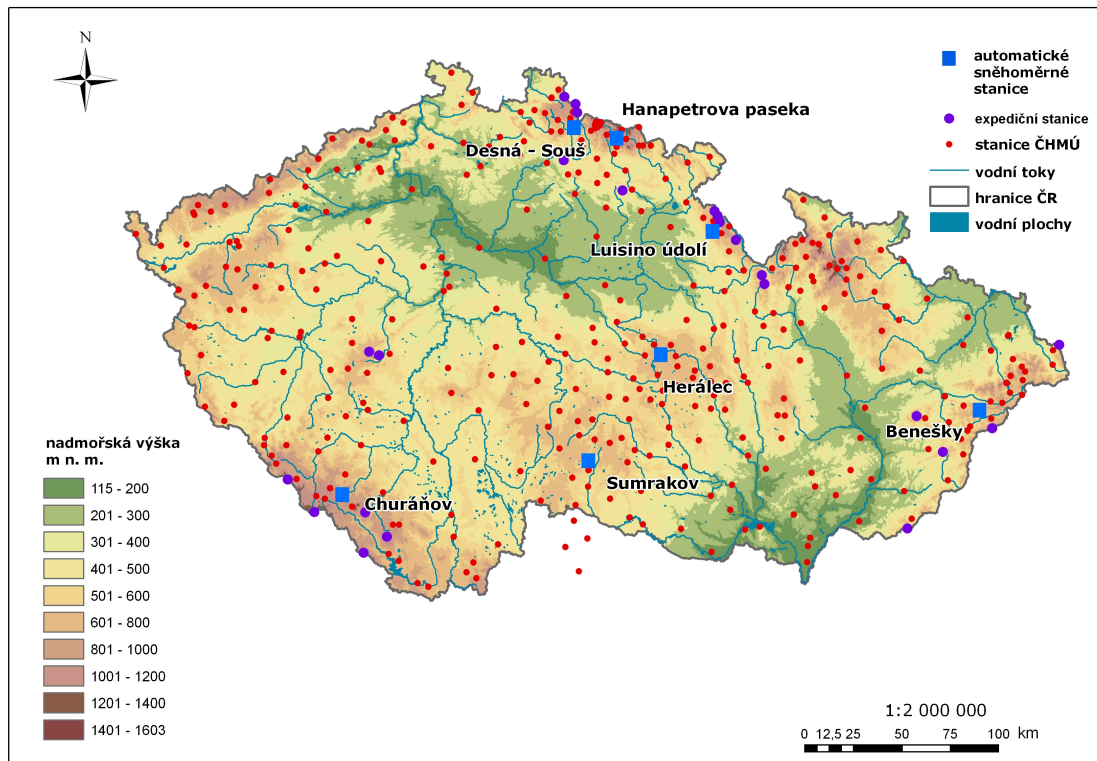
Dalším souborem vstupních dat jsou profilová měření ve vybraných klimatologických a srážkoměrných stanicích (asi 20 lokalit) a rovněž tak pravidelná profilová měření Oddělení hydrologického výzkumu OHV v Jizerských horách a Krkonoších (40 lokalit).

Třetí možností jsou expediční profilová měření, která jsou zaměřena na období maximálních hodnot SVH, nebo na období výjimečných situací či na období před předpokládaným intenzivním táním sněhu. Tato měření jsou zaměřena převážně na lokality, kde je nedostatečná staniční síť ČHMÚ (převážně ve vrchovinách a hornatinách). Často jsou během těchto expedičních měření také kontrolovány problémové stanice ČHMÚ a pomocná profilová měření jsou uskutečňována v blízkém okolí stanic. V sezóně 2010/2011 bylo rovněž vytipováno prozatím 25 lokalit expedičních měření, jejichž skutečná hodnota SVH a SCE je měřena zhruba třikrát za sezónu a po zbylé pondělní termíny je jejich hodnota SVH a SCE určena dle dlouhodobému vztahu s okolními nejbližšími stanicemi ČHMÚ (viz Obr. 1).

Poslední možností vstupních dat jsou data z automatických sněhoměrných stanic, které byly v sezóně 2010/11 v provozu na sedmi lokalitách ČR. Stávající automatické stanice jsou umístěny v Desné – Souši v Jizerských horách, na Hanapetrově pasece v Krkonoších, na Churáňově na Šumavě, v Herálci v Hornosvratecké vrchovině, v Luisině údolí v Orlických horách, v Sumrakově v Javořické vrchovině a na Beneškách v Hostýnsko-vsetínských vrších. Rozpětí nadmořských výšek těchto stanic je od 650 do 1118 m n. m (viz Obr. 1).

Kontrolním zdrojem dat je vypočtená vodní hodnota sněhu SVHV, která je pomocí empirického vzorce počítána v denním kroku. Jejimi vstupními hodnotami jsou denní úhrn srážek, výška nového sněhu, celková výška sněhu a průměrný denní tlak par. Hodnoty SVHV se vztahují pro konkrétní stanici, kde jsou tyto vstupní hodnoty měřeny.

Měření parametrů sněhové pokrývky není v terénu úplně jednoduché. Největší problém nastává s výběrem vhodného profilu, který by plně reprezentoval vybranou část povodí, nadmořskou výšku, část geomorfologické jednotky atd. Ve výběru místa hraje důležitou roli nadmořská výška, expozice, typ vegetace, geomorfologie (např. konvexnost x konkávnost reliéfu), ovlivnění lokality větrným prouděním, slunečním svitem a mnohé další faktory. Bohužel podstatná část klimatologických a srážkoměrných stanic ČHMÚ nevyhovuje svým umístěním kritériu reprezentativnosti z hlediska měření sněhových charakteristik a data z těchto stanic mohou být v porovnání s poměry v okolní krajině značně zkeslená.



Obr. 1. Operativní, expediční a automatické sněhoměrné stanice ČHMÚ v zimní sezóně 2010/11.
 Fig. 1. Operative, expeditionary and automatic snow stations in CHMI in winter season 2010/11.

Problémy operativních stanic ČHMÚ z hlediska měření parametrů sněhové pokrývky

Kvalita měření na všech stanicích ČHMÚ (nejen operativních, které jsou k dispozici v pondělním termínu) je z hlediska měření sněhu a následného výpočtu zásob vody ovlivněna několika důležitými faktory:

Geografické faktory

V celkovém souboru stanic ČHMÚ platí obecně nerovnoměrnost v plošném a výškovém rozmístění stanic. Většina stanic je v ČR umístěna do 600 m n. m. Níže je uveden přehled 400 operativních stanic z hlediska nadmořské výšky, které zpravidla vstupují do pondělního výpočtu zásob vody ve sněhové pokrývce. Z přehledu vyplývá, že vrchoviny a hornatiny, kde je sněhu nejvíce, mají nejhustší staniční síť.

nížiny, pahorkatiny	115 – 600 m n. m.	290 stanic - 73 %
vrchoviny	601 – 900 m n. m.	80 stanic – 20 %
hornatiny	901 – 1602 m n. m.	30 stanic - 7 %

Rovněž plošné rozložení stanic není v řadě regionů ideální. Některé oblasti jsou stanicemi téměř nepokryty, někde je hustota stanic zbytečně příliš velká (viz Obr. 1). Dalším problémem je konkrétní umístění stanice v krajině. Stanice ČHMÚ jsou často umístěny na vrcholech osamělých vyvýšenin a hor, které jsou z hlediska okolního reliéfu výjimečným prvkem (časté ovlivnění větrným prouděním). Dalším problémem je umístění některých stanic v hlubokých říčních údolích (časté teplotní inverze) a ve městech (tepelný ostrov), kde opět (stejně jako u vrcholů kopců) panují zcela odlišné podmínky pro akumulaci a tání sněhu.

Všechny tyto výše popsané stanice jsou z hlediska měření sněhové pokrývky nereprezentativní pro své okolí (povodí).

Jedním z možných řešení tohoto problému se stalo zahuštění nedostatečné staniční sítě v některých regionech. Do souboru stanic byly přidány automatické sněhoměrné stanice, které byly primárně instalovány do míst, kde bylo měření v minulosti nedostačující (viz úvod). Dále byla do vstupního souboru přidána skupina 25 lokalit expedičních měření s definovaným vztahem SVH a SCE (opět viz úvod). Tento soubor lokalit expedičních měření nemusí být konečný a v budoucnu bude pravděpodobně doplněn o další problémová místa. Poslední doplňující skupinou mohou být nepravidelná expediční měření pracovníků jednotlivých poboček ČHMÚ.

Metodické faktory

Naměřená data na stanici často ovlivňuje špatně zvolený profil pro měření sněhové pokrývky. Tato skutečnost způsobuje pod i nadhodnocení výšky a vodní hodnoty sněhu. Vybraný profil pro měření sněhu nereprezentuje situaci v okolní krajině. Některé profily jsou často ovlivněny větrnými bariérami (zástavba, ploty, cesty, vegetace, konfigurace reliéfu) nebo třeba činností člověka (narušení sněhové pokrývky – blízké frézování sněhu atd.).

Řešením tohoto nedostatku je nutná znalost problémových stanic s následnou opravou naměřených hodnot ve vstupním souboru (dle kontrolních měření či dle okolních věrohodných stanic).

Dalším úskalím pro výpočet vody ve sněhové pokrývce je metodika měření SVH, která je popsána v Návodu pro pozorovatele meteorologických stanic. Problémem je např. pokyn, aby se vodní hodnota sněhu neměřila, pokud je výška sněhu menší než 4 cm. Při této výšce pochopitelně chyba ve výpočtu zásob vody nemůže být tak velká, přesto k určité disproporcii dochází. Daleko větším problémem je pokyn, který nařizuje neměřit vodní hodnotu sněhu, pokud je sněhová pokrývka nesouvislá. Ve vstupním souboru zejména v období tání může z tohoto hlediska docházet k velkým chybám. Tající sníh má obvykle vysokou hustotu a i když je jeho pokrytí terénu např. jen 50%, vodní hodnota sněhu v povodí je stále markantní. Řešením tohoto problému je opět dobrá znalost konkrétních stanic a nezbytné je rovněž sledování vývoje počasí v celém předcházejícím týdnu. Nejvýhodnější je pochopitelně kontrolní měření v terénu a oprava vstupních dat.

Dalším nedostatkem je nerovnoměrnost v počtu operativních stanic ve vstupním souboru pro pondělní termíny. V zimní sezóně 2010/2011 kolísal počet stanic od 311 do 406. Často chybí důležité stanice – buď horské anebo nížinné a pahorkatinné, které jsou důležité pro nulovou izochionu (nulovou výšku sněhové pokrývky).

Řešením je složité doplnění chybějících stanic. Obtížné je rovněž určení důležité nulové izochiony pro výpočet zásob vody. Velmi častá je nerovnoměrnost v rámci celé ČR (V x Z polovina), ale i v rámci jediného pohoří (návětrná x závětrná strana).

Posledním problémem v této skupině je skutečnost, že všechny sněhoměrné profily na stanicích jsou měřeny v „otevřené krajině“ – zpravidla se jedná o zahradu klimatologické stanice, popř. se jedná o mýtinu, louku či pastvinu. Ačkoliv plošně je les v ČR zastoupen na 34 % území, není tato skutečnost z hlediska měření sněhu téměř sledována. Výjimku tvoří několik párových profilů (měří se na mýtině a v lese) v Jizerských horách a v západních Krkonoších (měřeno pracovníky Oddělení hydrologického výzkumu v Jablonci nad Nisou). Dále je párově profilově měřen sníh na zhruba 20 vybraných profesionálních stanicích

ČHMÚ a stanicích státních podniků Povodí. Příležitostně je rovněž měřena párově sněhová pokrývka při expedičních měření jednotlivých poboček ČHMÚ. Ovšem v pondělním výpočtu jednoznačně převažují data naměřená na travní vegetaci v bezprostředním okolí klimatologických stanic.

Chyby při měření

Další závažný problém se vstupními daty vzniká již přímo při chybném měření vodní hodnoty sněhu pomocí sněhoměru na stanicích. Ne všechny stanice jsou vybaveny stejným sněhoměrem (kovový váhový sněhoměr od fy Metra, laminátový sněhoměr s externí váhou, odběr sněhu pomocí srážkoměrné nádoby atd.), tím pádem i naměřené hodnoty se mohou za použití různých sněhoměrů mírně rozcházet. Záleží rovněž na množství a struktuře sněhové pokrývky – např. jedná li se jen o slabou vrstvu prachového sněhu či o mocnou vrstvu sněhu s vysokou hustotou a několika ledovými vrstvami. V některých případech je odebrání sněhové pokrývky velmi obtížné a chyba může být tím pádem značná.

Rovněž i metodika samotného měření sněhové pokrývky je u klimatologických stanic jednodušší (pouze jeden odběr sněhoměrem pro zjištění SVH a třikrát měření SCE) než např. u profilového měření (měří se třikrát SVH a desetkrát SCE).

Naopak měření výšky sněhové pokrývky je až na výjimky bezproblémové. Tato skutečnost může být využita při opravě vstupních dat pomocí průměrné hustoty sněhové pokrývky k danému termínu. V sezóně 2010/11 byly na základě odborného odhadu intervalu hustoty sněhové pokrývky, jehož základem byly data z ověřených stanic a profilových měření, upravovány zjevně podhodnocená i nadhodnocená data SVH z problémových stanic v celé ČR. U těchto stanic hustota sněhu zcela neodpovídala situaci v terénu, ovšem díky jejich dobře změřené výšce sněhové pokrývky bylo možno hodnotu SVH upravit na odpovídající hodnotu. Odborné odhady intervalů hustot sněhové pokrývky byly v sezóně 2010/11 doporučeny pro každý pondělní termín pro tři výšková pásma: nížiny a pahorkatiny do 600 m n. m., vrchoviny pro 600 až 900 m n. m. a pro hornatiny nad 900 m n. m.

Závěr

Výpočty vodních zásob ve sněhové pokrývce v České republice jsou díky prostředí GIS, které se uplatňuje v posledních letech, daleko jednodušší, systematictější a rychlejší. Kvalita a dostupnost vstupních dat se bohužel stále potýkají s některými problémy. Centrální předpovědní pracoviště spolu s Oddělením hydrologického výzkumu ČHMÚ se dlouhodobě snaží tyto problémy eliminovat tak, aby výpočet zásob vodní hodnoty co nejlépe odpovídal skutečnosti v krajině. Přesnost vstupních dat ovlivňují zejména geografické faktory (výškové a plošné rozložení staniční sítě ČHMÚ), metodické faktory (nereprezentativní sněhoměrný profil, omezení pozorovatele na měření vodní hodnoty souvislé sněhové pokrývky, nejednotný vstupní soubor operativních stanic, omezení na měření sněhu téměř výhradně na travních porostech a nikoliv v lese) a chyby vzniklé při měření vodní hodnoty pozorovatelem za použití různých typů sněhoměrů. Velkým problémem je i určení nulové výšky sněhové pokrývky, která je v průběhu zimní sezóny regionálně značně variabilní.

Resumé

Due to the GIS the possibilities of calculation of water resources in snow cover in the Czech Republic are easier, more systematic and faster in the last years. Unfortunately a quality and an availability of input data contend with many problems. Central Forecast Service together with Hydrological Research Department of CHMI try to eliminate in the long term majority of mistakes, but it is not so easy in some specific cases. Accuracy of input data is affected by the geographical factors (altitudinal and planar distribution of CHMI station network), methodical factors (selection of measuring profile etc.) and mistakes, which are created

during measuring with various snow meters. The determination of null altitude of snow cover is during the winter season due to its regional character also very problematic.

Literatura

Bercha Š., Řiřicová P., Daňhelka J., Čekal R.: **Observing and real-time evaluating of snow cover for flood forecasting service in the Czech Republic**“, In: Sborník abstraktů EGU, General Assembly 2009, Wiena.

Bercha, Š., Řiřicová, P.: **Vyhodnocování sněhových zásob v ČHMÚ**, In: Sborník XIV. Medzinárodné stretnutie snehárov, Kubova Huť, Šumava, 2009, s. 61 – 68.

Bercha, Š. - Ducháček, L. - Jiráek, J. - Vajskebr, V.: **Porovnání interpolované vodní hodnoty sněhu s terénním měřením v Hrubém Jeseníku**. In: Sborník příspěvků XV. Medzinárodné stretnutie snehárov. ČHMÚ, Jablonec 2010, s. 83-87.

Jiráek, J. – Bercha, Š.: **Automatické sněhoměrné stanice v ČR**. In: Hydrologické dny 2010 – voda v měnícím se prostředí. Příspěvek v konferenčním sborníku, ČHMÚ, Praha 2010, 2.díl, s. 509 – 512.

Závěrečné zprávy (2007, 2008, 2009, 2010) **projektu SP/1c4/16/07** „Výzkum a implementace nových nástrojů pro předpovědi povodní a odtoku v rámci zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby v ČR“. ČHMÚ.

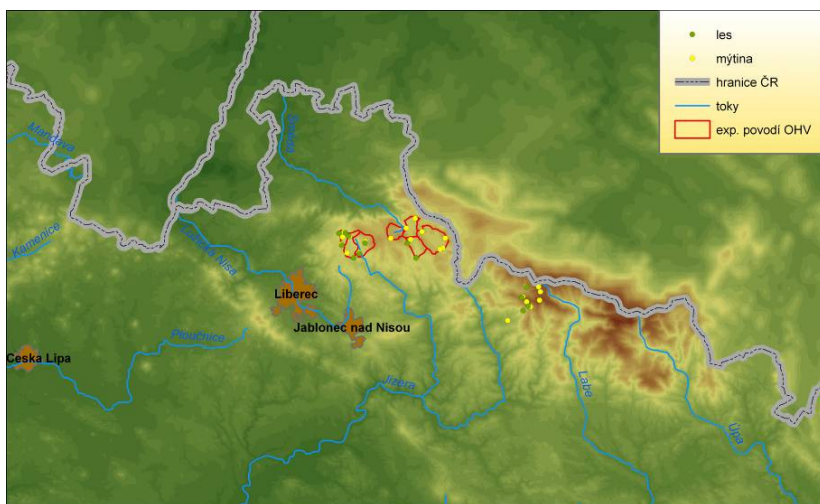
MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ SNĚHOVÉ POKRÝVKY NA EXPERIMENTÁLNÍM POVODÍ V JIZERSKÝCH HORÁCH

Mgr. Libor Ducháček

Český hydrometeorologický ústav

Úvod

Experimentální povodí v Jizerských horách byla založena na počátku 80. let kdy se předpokládalo, že vlivem rozsáhlého odlesnění dojde k výrazným změnám v hydrologické bilanci horských toků. Takto započatý výzkum se později propojil s prognózními účely pro řeky pramenící v Jizerských horách (Jizera, Lužická Nisa, Smědá). Pracoviště ČHMÚ v Jablonci nad Nisou spravuje 7 menších povodí do 10 km² (Černá Nisa, Blatný potok, Kamenice, Černá Smědá, Černá Desná, Jizerka). Každé z těchto povodí je uzavřeno limnigrafickou stanicí s digitálním záznamem a jsou vybaveny přímým přenosem měřených dat na internet. Hydrologický monitoring je úzce propojen s třemi klimatickými stanicemi (Prameny Černé Nisy, Kůrovec, Jizerka) a poměrně hustou sítí srážkoměrů (16). Značnou část pracovní náplně během zimy tvoří měření výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky v rámci pravidelných měření na sněhoměrných profilech. Sít' sněhoměrných profilů se přizpůsobuje změnám vegetačního pokryvu a ve vybraných profilech se pro porovnání měří jak v lese, tak na otevřených plochách. Mezi další činnosti patří metodické vedení při měření sněhu a instalace a servis automatických sněhoměrných stanic v rámci celé republiky. Od letošní zimy vytváří OHV společně s CPP v Praze každotýdenní vyhodnocení sněhové pokrývky pro ČR, jehož výstupem je přehledná mapa vodní hodnoty sněhu.

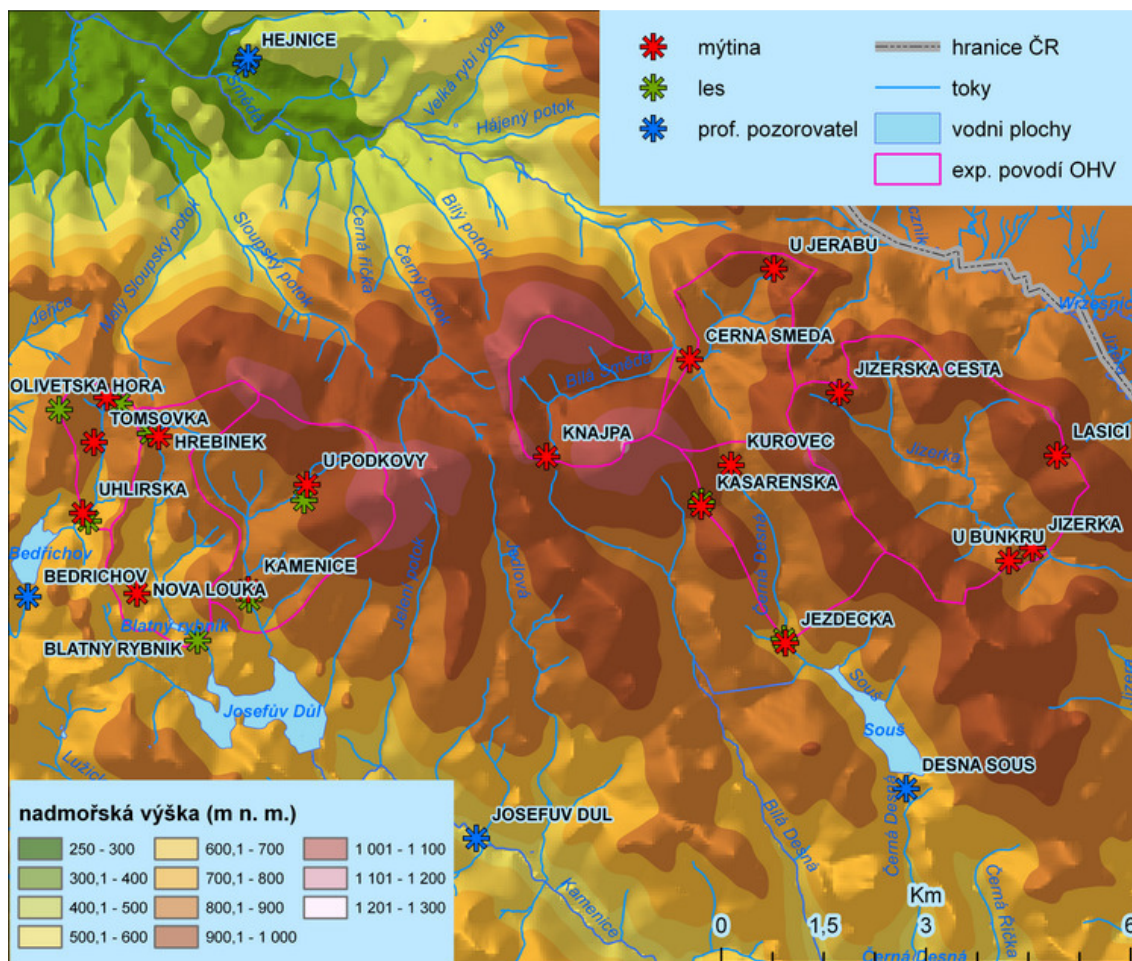


Obr.1: Přehledová mapa
Pic.1: Focused view

Historie měření

Sněhoměrná měření se uskutečňují od zimy 1980/81. Měří se na mýtinách a v lese v přibližně 20 - 30 m dlouhých profilech. V roce 1991 byla sít' přebudována a změněn režim měření. Byla vytvořena sít' sedmi základních profilů, na kterou je napojena sít' dvanácti doplňkových profilů. Základní profily se v době souvislé sněhové pokrývky měří jednou týdně, vždy

v pondělí. Doplňkové jsou měřeny v půlce týdne. Od roku 2003 se pro prognózní účely měří vedle základních profilů v Jizerských horách i 12 profilů v západních Krkonoších, které doplňuje vyhřívaný srážkoměr na Dvoračkách. V roce 2007 byly poblíž klimatické stanice na Souši instalovány dva sněhoměrné polštáře, které automaticky měří výšku a vodní hodnotu (resp. hmotnost) sněhové pokrývky. Před zimní sezonou 2009/10 byl jeden z polštářů přemístěn do Krkonoš (Hanapetrova paseka) a je využíván při hydrologických předpovědích.



Obr. 2: Mapa experimentálních povodí v Jizerských horách a sněhoměrných profilů
 Pic. 2: Experimental basins in the Jizera Mountains and snow-measuring profiles

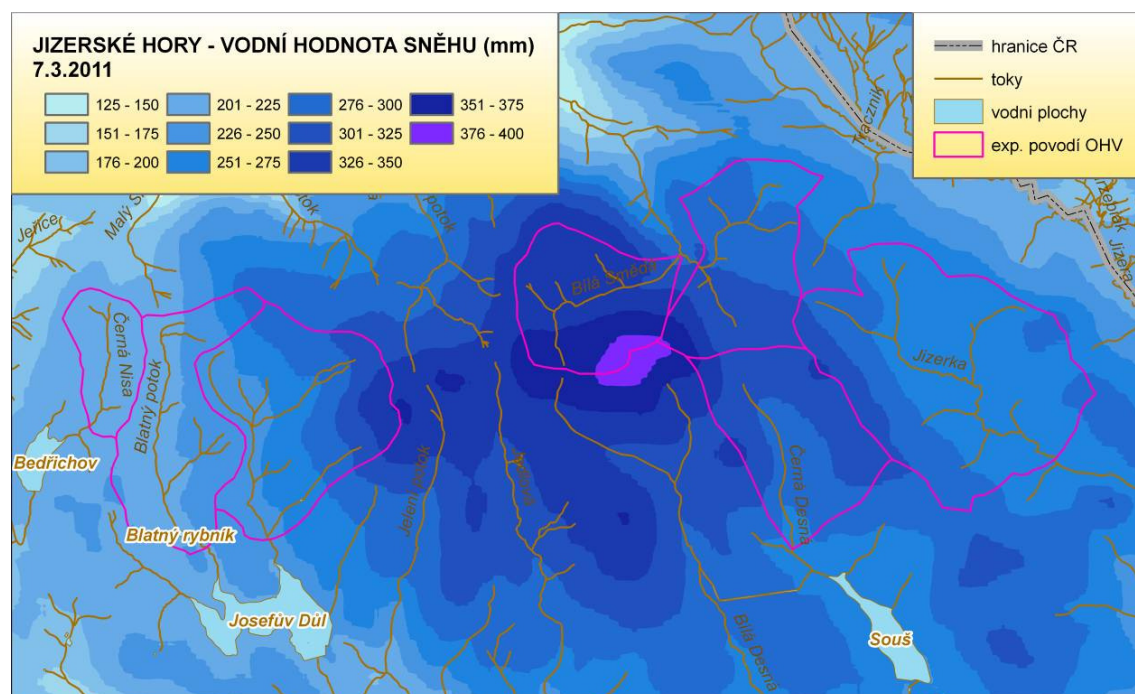
Metodika měření

Zásoby vody akumulované ve sněhu jsou v horských povodích důležitou složkou celkové hydrologické bilance. Měří se výška sněhu a jeho vodní hodnota – množství vody obsažené ve sněhové vrstvě. K odběru a vážení sněhového vzorku se používají laminátové sněhoměry. Metodika měření vychází z dlouholetých zkušeností s měřením sněhu na pracovišti v Jablonci, především pak Rudy Hancvencla, který po mnoha sezónách hydrologické praxe vyvinul praktický sněhoměr ulehčující měření vodní hodnoty v terénu. V Jizerských horách je každý týden proměřeno 25 profilů. V každém profilu je v deseti bodech měřena výška sněhu a ve třech bodech vodní hodnota. Pravidelná pondělní měření slouží k výpočtu zásob vody v povodí horní Jizery a v období tání k předpovědi povodní. Z tohoto důvodu jsou také měřeny profily v západních Krkonoších – na svahu Lysé hory a v povodí Mumlavy. V posledních

dvou letech byly na klimatické stanici Souš testovány automatické sněhoměrné stanice. Polštář naplněný vodným roztokem ethylenglykolu váží pomocí tlakového čidla vrstvu sněhu a z této hodnoty se určí vodní hodnota sněhu. Z kontinuálního měření lze velice přesně odhadnout začátek tání a měřit denní úbytky vodní hodnoty.

Zima 2010/2011

Letošní zima byla v horských oblastech v porovnání s předchozími lety poměrně slabá s hlavními přírůstky sněhové pokrývky během prosince a na konci ledna. Vzhledem k nízkým až extrémně nízkým teplotám v lednu a únoru nedocházelo k výraznějším úbytkům vodní hodnoty. Maximum vodní hodnoty je tak spojeno s posledním týdnem před jarní oblevou, tedy na začátku března.

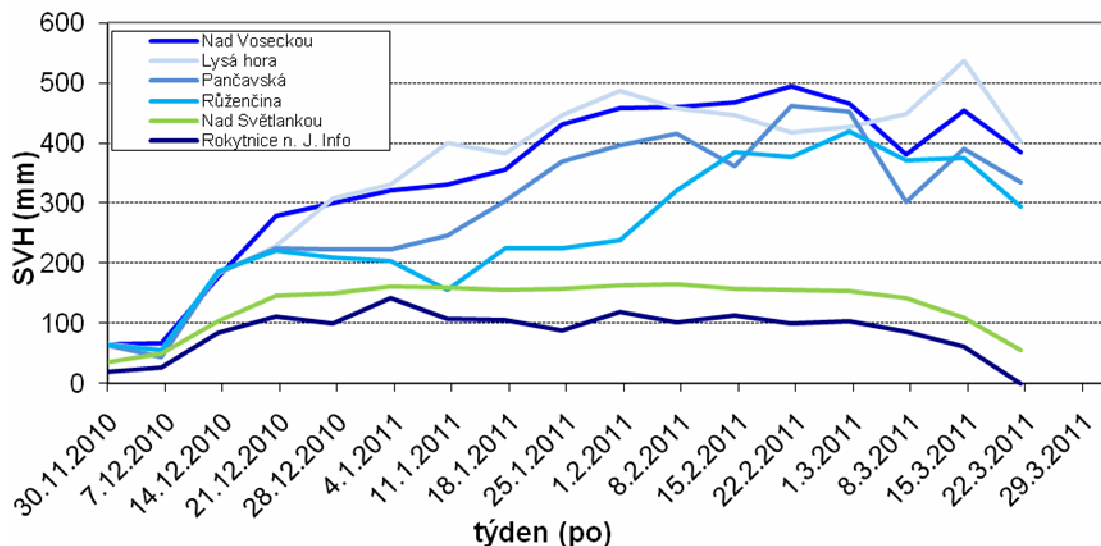


Obr. 3: Interpolace maxima SVH
Pic. 3: Interpolated maximum of SWE

Pracoviště v Jablonci pravidelně zveřejňuje svá měření sněhové pokrývky na webu ČHMÚ (<http://portal.chmi.cz/> - sněhové zpravodajství), kde jsou nejen tabulky s aktuálně naměřenými hodnotami, ale i interpolovaná mapa pokrývající experimentální povodí Jizerských hor. Data slouží nejen pro výpočet vodních zásob přilehlých vodních nádrží, ale i pro prognózu povodní z jarního tání a v neposlední řadě poslouží i lyžařům v Jizerských horách.

Značné komplikace při měření vodní hodnoty způsobovaly „sněhové mosty“ a ledové krusty, které vytvořily často neprůchodnou vrstvu jak pro odměrný válec, tak i pro samotnou měrnou tyč. Jejich výskyt byl spojen se silnými mrazy, které následovaly po mírném oteplení a během zimy se na exponovaných místech vytvářely i čtyři těžce průchodné vrstvy. Tento jev je nejvíce znatelný na vrcholových krkonošských profilech, kde je patrné rozkolísání jednotlivých měření, přestože k takovému úbytku nebo přírůstku sněhu nedošlo (viz Graf. 1). Na rozdíl od vyšších poloh byla sněhová pokrývky na mýtinách pod 800 m n.m. poměrně vyrovnaná a sníh napadaný na přelomu roku se udržel až do března.

Krkonoše 10/11



Graf 1: Průběh SVH na vybraných profilech v západních Krkonoších
Graph 1: SWE in the selected profiles in the western Giant Mountains

Resumé

Department of Czech hydrometeorological institute in Jablonec nad Nisou has been considering with a snow problematic since the early 80's, when a huge deforestation affected the highest parts of the Jizera Mountains. First the main reason was to compare differences in accumulation of snow in forested and deforested areas but lately the amount of the water in the snow cover became the main reason why the CHMI employees cross the mountains every week during the winter. For the measuring it is used special SWE gauge consisted of laminated tube, snow height rod and portable scale. There are situated 19 profiles in the Jizera Mountains and 12 profiles in the western Giant Mountains.

Literatura

DUCHÁČEK. L., JIRÁK. J. (2010): Experimentální povodí Jizerských hor – historie pozorování, současnost, In: Hydrologické dny 2010 – Voda v měnícím se prostředí, ČHMÚ, str. 229-232

ZMIANA STRUKTURY POKRYWY ŚNIEŻNEJ – RYZYKO WYZWOLENIA LAWINY

Dr Anna Fiema

Institute of Meteorology and Water Management, Cracow, Poland

The risk of a snow avalanche occurrence lies in snow cover stability. A stable snow cover does not lead to the avalanche occurrence, whereas when the snow cover is unstable, the avalanche can easily be released. The snow cover is formed when consecutive snow falls accumulate on the ground surface. As a result of snow falls accumulation different layers of snow (levels), with different physical properties are created. The stability of the accumulated snow depends on two parameters. On one hand it is the quality of connection between differing snow layers, but on the other hand the stability is influenced by the quality of junctures between snow grains within the same snow layer (level). The snow cover is not an inert material and we should always bear in mind that snow evolves. As a result of the influence of meteorological conditions snow crystals and grains, constituting different layers, of different physical properties, are transformed, so the meteorological conditions decide about the snow cover stability. The meteorological conditions change, both during a day and spatially. Consequently, the risk of the avalanche occurrence is also changeable, in space (slope, exposition) and in time (time of a day). What is more, if the meteorological conditions do not change particularly distinctly (e.g. new snow falls, strong wind, or a considerable rise of the air temperature), still they can modify the properties of grains constituting the snow cover. The stability of the whole snow layer can change at the same time. The result is that the stable snow cover can become poorly stable and vice versa, even when the weather change is unnoticeable. Generally speaking, the snow cover consists of water (in the solid, gas or liquid state), and atmospheric air. Snow then is a porous material, in which the temperature is always under or equal to 0°C. The mixture of air and ice occurs only at minus temperatures. Then we say that the snow is dry. At the same time the air includes vapour, which exists in two forms, gas and solid. As liquid water is present in the snow cover (phase No.3), the snow cover is in the thermodynamic balance and that state should be bound with the temperature of 0°C. When the snow is dry, the metamorphosis of snow grains and crystals is provoked by the vapouring phase. In the case of damp snow, metamorphosis takes place due to the liquid phase, and the gas phase is quite reduced. This is the reason why two types of metamorphoses are differentiated: the metamorphosis of dry snow and of the wet one. Below there are the patterns of the snow metamorphoses.

faible gradient $G < 5^{\circ}\text{C}/\text{m}$
 moyen gradient $5^{\circ}\text{C}/\text{m} < G < 20^{\circ}\text{C}/\text{m}$
 fort gradient $G > 20^{\circ}\text{C}/\text{m}$

The temperature gradient is a value which is obtained through the division of a temperature difference between two points in a snow layer given in °C by the distance between those points measured in centimetres.

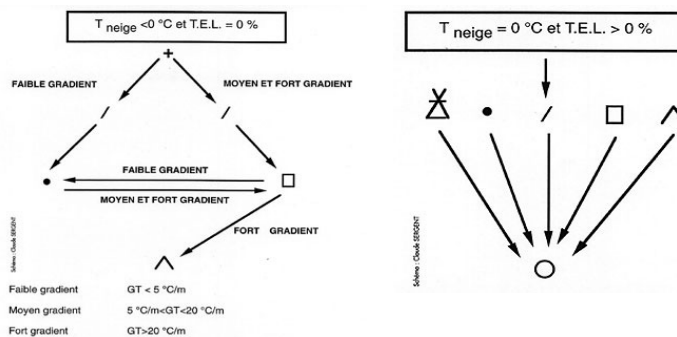


Fig.1. Synthetic pattern of the dry snow metamorphosis (a), and synthetic pattern of the wet snow metamorphosis (b).

On the 31st of December 2008 and 1st of January 2009, on *Hala Gąsienicowa* (1520 m above the sea level), detailed measurements of the snow cover were performed. The results showed differences in the snow cover structure, although the measurements were performed day by day. The essential change of meteorological conditions (sudden rise and then fall of the air temperature), was the reason of the dry metamorphosis of the snow crystals. The snow cover stability was low (especially on the 1st of January 2009) and the risk of the snow release down the slope, if its angle had been bigger, was real, even though the snow cover on these days did not exceed 50 cm. (In the region of *Dolina Małej Łąki*, on the 31st of December 2008, a six-person-group of tourists released an avalanche – fortunately there were no fatalities. In two days' time, on the 2nd of January 2009, there was another case of an avalanche release caused by tourists, from *Liliowy* to *Zielony Staw* – this time, unfortunately, one person died). Below there is a snow cover profile (from the 31st of December 2008 and the 1st of January 2009) and graphs showing the course of some meteorological elements are presented.

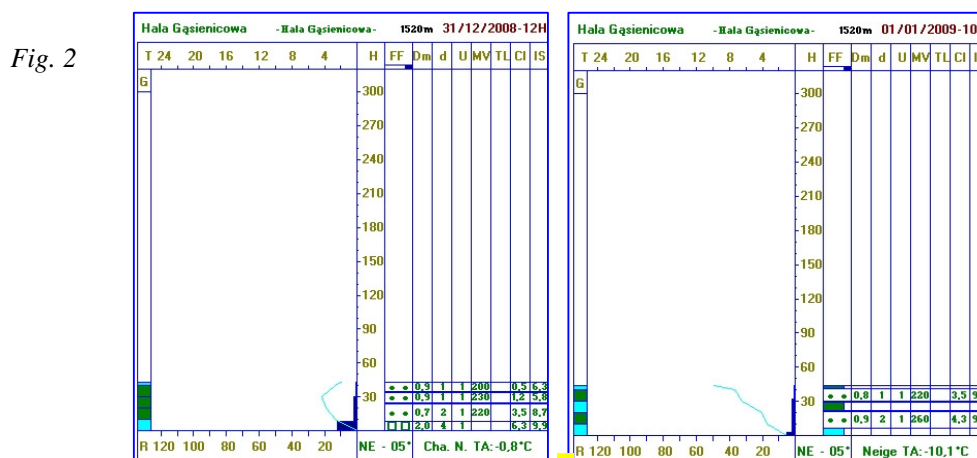


Fig. 2

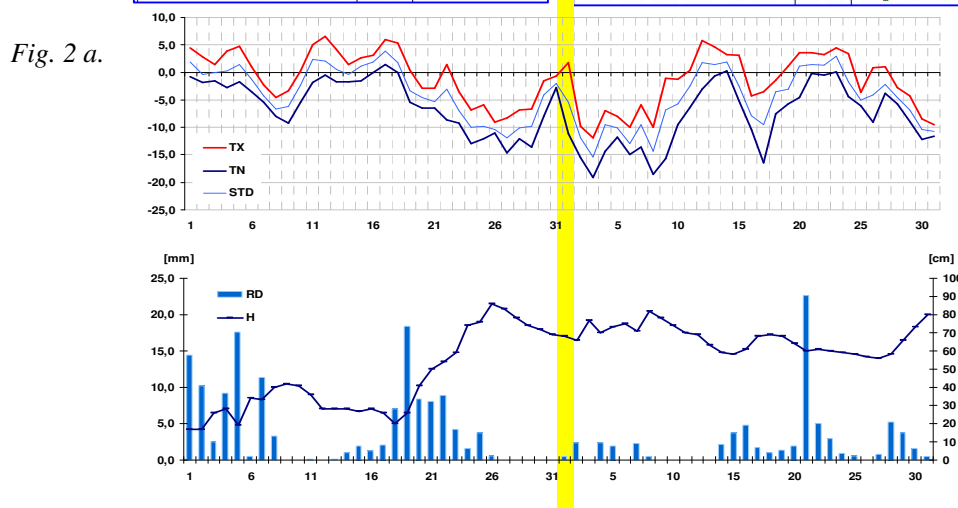


Fig. 2 a. The course of meteorological elements (maximum temperature, minimum and average day and night temperature, the snow cover thickness and the amount of day and night precipitation).

In the case described, a further fall of the air temperature negatively influenced the stability of the snow cover, restraining the stability of snow grains – the measurements were performed on the 7th of January 2009 (Fig.3.).

At low snow cover depth and big differences of temperatures between the ground surface (on which the temperature is normally 0°C) and the snow cover surface, a considerable movement of vapour takes place within the snow cover, which leads to a sudden growth of snow grains. As a result they assume an angular shape and bigger sizes. The process of growing depends on a long-term existence of low temperatures (-10 degrees and lower), and the temperature gradient difference in the snow cover. The conditions leading to a building metamorphosis start with a gradient equal to 0,1°C/cm, and along with the gradient's growth the building metamorphism proceeds more and more intensively. The final effect of such a metamorphosis is the so-called subterranean frost, which consists of relatively big, angular and hollow in the inside grains, resembling goblets. The grains of subterranean snow and frost practically do not have any cohesion between themselves, and the layers formed by them constitute an ideal slippery surface for higher accumulated layers of snow, which leads to an avalanche occurrence.

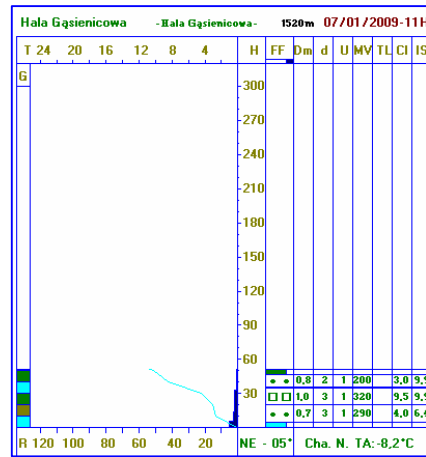


Fig.3 Stratigraphic profile of the snow cover – on the 7th of January 2009, Hala Gąsienicowa – 1520 m above the sea level.

Unfortunately, on the following day (8th of January), a profile was not made, so it cannot be surely confirmed whether there was any subterranean frost in the floor layer. Below, another example of a change in the snow cover stability caused by the modification of meteorological conditions was presented. Detailed measures of the snow cover parameters were performed on 11, 12, 13, and 14th of February 2009.

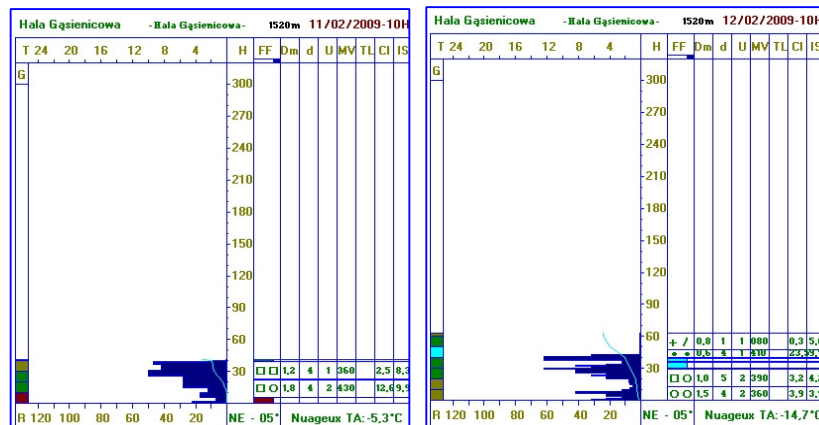


Fig.4 Stratigraphic profile of the snow cover – on the 7th of January 2009, Hala Gąsienicowa – 1520 m above the sea level.

The thickness of the snow cover on the 11th and 12th of February 2009 reached 41 and 63 cm respectively. Within its structure 3 layers were differentiated on the 11th of February, and 4 on the subsequent day.

In the floor layer 0-13 cm, conglomerates appeared, the layer was hard and of little humidity. In the whole profile this layer was the least stable. Above it (13-40 cm), there was a layer built of big snow grains with sharp edges and conglomerates appeared - the layer was very hard and of little humidity. At the same time within this layer at different heights (29 cm, 36 cm and 39 cm), 3 one-centimetre layers of ice were found. Still above (40, 48 cm), a layer of grains of curved shapes was accumulated – it was also hard, dry and very heavy (410 kg/m³). The subsequent layer (48-63 cm), was built of fresh snow grains and the grains at the first stage of metamorphosis – it was a very soft and dry layer. Within 24 hours (from the 11th to the 12th of February), the snow cover stability got much worse, which was especially noticeable in its lowest layers. The next layer of the snow cover, which accumulated after heavy snow falls (about 1 metre from the 11th to the 16th of February), on the snow cover of little stability, caused a very high avalanche danger. Specific snow characteristics cannot be omitted at the same time - it was very loose due to low air temperatures and not very susceptible to metamorphosis. The snow was not melting and its sedimentation and condensation were very slow, as there was no advection of warm air masses and the solar effect was insufficient to influence the masses of frozen snow. Only from the 20th February the stabilization of the snow cover carried on due to the reduction of snow falls and the temperature rise.

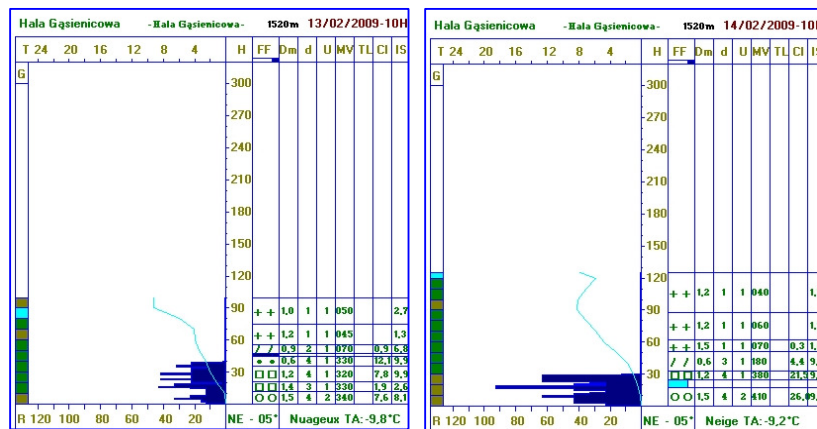


Fig.5. Stratigraphic profile of the snow cover – on the 7th of January 2009, Hala Gąsienicowa – 1520 m above the sea level.

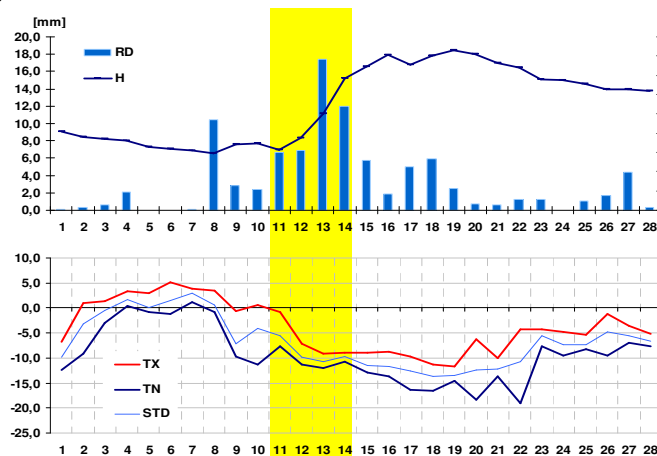


Fig.6. The course of meteorological elements (maximum, minimum and average day and night's temperature, the snow cover thickness and the amount of day and night's precipitation).

Summary:

Snow avalanches are among serious natural dangers. Apart from a direct death and health risk for people, they cause changes in the natural environment, they damage buildings and tourist infrastructure. The range of their occurrence has a particularly local character, reduced to mountain regions. In Poland, due to a steady, and in the recent years, violent development of tourism and skiing, the problem is becoming weighty. Avalanches are a serious danger for bigger and bigger amounts of people visiting the mountains. To forecast the avalanche danger is a complicated matter, because, as it was presented above, even at little snow cover thickness, the risk of an avalanche occurrence still exists. And even if the research within a snow cover allows for better recognition of an avalanche release phenomenon, it does not always give an unambiguous answer to a question “when and where an avalanche will occur”.

EXPEDIČNÍ MĚŘENÍ SNĚHU V ORLICKÝCH HORÁCH PRO ÚČELY HYDROLOGICKÝCH PŘEDPOVĚDÍ

Eugenie Hančarová, Milena Tomášková

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Hradec Králové

Úvod

Zásoby sněhu v povodí mohou při svém tání významně navyšovat odtoky v tocích. Informací o jejich množství v horských oblastech nemáme mnoho, protože v extrémních podmínkách opuštěných horských úbočí a hřebenů nelze jednoduše provozovat klasické klimatologické stanice. Proto jsme se na regionálním předpovědním pracovišti (RPP) pobočky ČHMÚ v Hradci Králové zaměřili na expediční měření, která nám poskytují ucelenější přehled o stavu sněhových zásob ve sledovaných povodích.

Sběr dat pro vyhodnocení zásob vody ve sněhové pokrývce

V období výskytu sněhu (1.12. až 31.3.) provádíme na našem pracovišti pravidelně každé pondělí sběr dat z operativních stanic – hlášení o ranní výšce sněhové pokrývky a její vodní hodnotě. Získaná data jsou podkladem pro výpočet sněhových zásob v povodích. Tyto informace jsou významné pro činnost hlášené a předpovědní povodňové služby (HPPS) především v době tání a zvýšených vodních stavů.

Na území naší pobočky se nacházejí dvě vyšší pohoří – Krkonoše a Orlické hory. Na hřebenech západních Krkonoš pravidelně v pondělí měří sněž kolegové z oddělení hydrologického výzkumu (OHV ČHMÚ) z Jablonce n.N. Jejich hlášení jsou pro náš výpočet nezbytným podkladem doplňujícím hlášení z naší operativní sítě stanic.

Pro vyšší partie Orlických hor nemáme informací dostatek, operativní hlášení máme pro toto rozsáhlé území ze 7 stanic, nejvyšší se ale nachází v nadmořské výšce 750 m. Od podzimu 2010 se zvýšila naše informovanost díky automatické sněhoměrné stanici, kterou jsme instalovali v Luisině údolí v nadmořské výšce 875 m n.m..

Charakteristika území

Orlické hory představují přes 50 km dlouhé pásmo s řadou bočních rozsoch a údolí. Území se dělí na 3 části – Deštenská hornatina (vlastní hřeben, který se táhne od Olešnice v Orlických horách po Bartošovice v Orlických horách), Mladkovská vrchovina (nejnižší položená část území) a Bukovohorská hornatina. Hlavní hřeben – Orlický hřbet (Obr. 1) tvoří několik vrcholů přesahujících 1000 m n.m., např. Vrchmezí (1084 m n.m.), Šerlich (1026 m n.m.), Malá Deštná (1090 m n.m.), Velká Deštná (nejvyšší vrchol – 1115 m n.m.), Jelenka (1097 m n.m.), Koruna (1099 m n.m.) a Tetřevce (1043 m n.m.). Hlavní hřeben má SZ-JV orientaci a zaujímá dvě třetiny rozlohy Orlických hor.

Toto území leží v chladné klimatické oblasti. Průměrná roční teplota je okolo 4°C (nejchladnější měsíc je leden, nejteplejší červenec). Roční úhrn srážek činí 700 mm, v hřebenových partiích pak 1300 mm.

Území Orlických hor náleží do povodí Labe. Hlavním tokem odvádějícím vodu je Divoká Orlice, mezi její větší přítoky patří Rokytanka, Zdobnice a Bělá s přítokem Kněžná. Všechny významnější přítoky jsou pravostranné, přivádějí vodu přímo z Orlických hor. Divoká Orlice pramení v Polsku, teče souběžně s hlavním hřebenem po jeho severovýchodní straně a protíná

ho u Zemské brány, pak se stáčí na západ, takže obtéká Orlické hory ze tří stran. Nad místem, kde opouští hornatou část a stáčí se prudce k západu, je na jejím toku vybudovaná přehradní nádrž Pastviny (zásobní prostor nádrže 6 236 mil. m³). Západní část Orlických hor odvodňuje Olešenka, ústící do Metuje, a Dědina, která se vlévá až do spojené Orlice, jejíž jednou ze zdrojnic je právě Divoká Orlice.



Obr. 1: Mapa Orlických hor s vyznačenou červenou turistickou cestou, která kopíruje hlavní hřeben.
 Fig. 1: The Orlické Mountains map, a red line path follows a main ridge

Hydrologické stanice vybavené automatickými hláskými stanicemi jsou umístěny na toku Divoké Orlice v Orlickém Záhoří, Klášterci n.O., Nekoři a Kostelci n.O., na Rokytnce v Žamberku, na Zdobnici ve Slatině n.Z., na Kněžné v Rychnově n.K., na Bělé v Častolovicích. Na toku Dědiny jsou tyto stanice v Cháborech a v Mitrově. Všechny tyto automatické stanice jsou využívány jako předpovědní profily v hydrologickém předpovědním modelu. Znalost stavu sněhových zásob v Orlických horách je tedy důležitým předpokladem pro znalost hydrologické situace v celém povodí Orlice.

Měření sněhu

Expediční měření sněhové pokrývky v Orlických horách provádíme pravidelně od roku 2005, s výjimkou roku 2008, kdy bylo sněhu málo. Před začátkem hlavního tání sněhu (počátek března) se vypravíme na jeden až dva dny do terénu, při měření nám většinou pomáhají i kolegové z OHV ČHMÚ.

Měření uskutečňujeme především ve vyšších partiích – na území vlastního hřebene. V počátku byl proveden výběr hlavních měrných profilů, sledujících vrchol hřebene a průřez úbočími, s dalšími lety se síť měrných profilů rozšiřovala a zahušťovala podle aktuálního rozložení sněhové pokrývky a počtu zúčastněných osob. Hlavní profily jsou proměřovány vždy, dle aktuálních podmínek je doplňujeme nebo redukuje.

Umístění profilu volíme nejčastěji na místech dobře určitelných (rozcestníky, významnější orientační body). Rozmístění profilů pro rok 2011 je patrné z obr. 2 a 3. V současné době využíváme pro jejich vyhledávání i systém GPS, při rozdělování do měřicích skupin je vhodné, aby aspoň jeden člověk už na tom místě byl.

Pokud je to možné, volíme sněhoměrné profily v páru: na volném prostranství a v lesním porostu. Na každém místě působí různé faktory (slunce, vítr) a sníh odtává jinou rychlostí.

Měření sněhu provádíme váhovým sněhoměrem z dílny Rudolfa Hancvencla (souprava SM 150-50). Přístroj tvoří válec ze skelného laminátu a závěsná digitální váha. Aby bylo měření přesnější, není prováděno jen v jednom bodě, ale opakovaně v profilu o délce 50 - 100 m. Provádíme jej dle metodiky stanovené v ČHMÚ pro profilová měření takto:

V každém profilu v 10 bodech, z toho v krajních a středním bodě se měří vodní hodnota, v mezilehlých sedmi bodech se měří pouze výška sněhu. Výška sněhu v profilu je aritmetický průměr z těchto deseti měřených výšek. Z vodní hodnoty v každém ze tří bodů se spočítá hustota (podíl vodní hodnoty a výšky, bezrozměrné číslo - 0,1 pro prašan až 0,6 pro firn). Průměrná hustota se vypočítá jako aritmetický průměr těchto tří hustot, vodní hodnota sněhu v profilu je součinem průměrné výšky a průměrné hustoty.

Využití expedičních měření

Z průměrných hodnot pro jednotlivá výšková pásma (Tab. 1, Tab. 2) lze dále stanovit celkový objem zásoby vody ve sněhu. Lze je také přehledně zpracovat pomocí metod GIS, kdy výsledkem jsou mapy s rozložením sněhové pokrývky. Příklad výstupu je na Obr. 2 a 3.

Kromě získání přehledu o stavu a rozložení sněhové pokrývky potřebného pro vyhodnocení hydrologické situace využíváme údaje i při modelování průtoků v hydrologickém předpovědním modelu AquaLog. Tento model používá více modelovacích technik. Pro akumulaci a tání sněhu to jsou modely RSNWELEV a SNOW-17.

Vstupními daty do modelu jsou průtoky z automatických hydrologických stanic (ČHMÚ a Povodí Labe, s.p.), hodinové úhrny srážek z automatických srážkoměrů (ČHMÚ a Povodí Labe), teploty vzduchu ze stanic ČHMÚ, předpokládané odtoky z vodních nádrží zasílané Povodím Labe a předpověď srážek a teplot z meteorologického modelu Aladin.

Vodní hodnoty sněhu se v modelu automaticky vypočítávají ze srážkových úhrnů a teploty vzduchu pro jednotlivá malá povodí, do kterých je celé zájmové území rozděleno. Vypočtené

vodní hodnoty sněhu se však liší oproti skutečnosti, většinou bývají nižší. Je to způsobeno několika faktory. Jednak rozmístěním srážkoměrných stanic převážně do nižších částí povodí, jednak tím, že automatické srážkoměry umístěné ve vyšších nadmořských výškách nejsou někdy v extrémních zimních podmínkách spolehlivé. Navíc při každodenním operativním provozu předpovědního modelu nemá jeho obsluha možnosti a čas prověřit a opravit všechna data přicházející ze stanic. Vodní hodnoty sněhu se proto v modelu musí občasnými ručními vstupy korigovat podle hlášených měření. Doplnění údajů hlášených z operativních stanic expedičním měřením je významné zvláště před očekávaným táním. Zjištění zásoby vody ve sněhu na horní Orlici a z něj vycházející co nejpřesnější výpočet přítoku do Pastvinské přehradní nádrže jsou důležité i pro řízení manipulací na tomto vodním díle.

Výsledky

Při pohledu na hodnoty získané za dobu měření (Tab. 1, Tab. 2) vidíme, že nejvíce sněhu bylo v roce 2006, dále v letech 2005 a 2009.

Nejvýraznější jarní povodňová situace způsobená táním sněhu ve sledovaném období přitom také proběhla na Divoké Orlici na konci března a začátkem dubna roku 2006. Březen 2006 byl v porovnání s ostatními provedenými měřeními na sněhové zásoby nejbohatší. Vysoká sněhová pokrývka ležela i v nižších nadmořských výškách. Zásoby sněhu dosáhly maxima dne 13.3., tedy necelý týden po provedených měřeních, od doby měření připadlo ještě asi 30 až 40 cm sněhu, tj. přibýlo 15 až 20 mm jeho vodní hodnoty.

Koncem března pak proběhlo rychlé tání způsobené výrazným oteplením, dešťovými srážkami (za 3 dny přibližně 40 mm) a občasným zesíleným nárazovým větrem. Během této povodně dosáhly kulminační průtoky na tocích v povodí Divoké Orlice úrovně odpovídající Q_{5-10} . Tání nezasáhlo nejvyšší horské oblasti, takže na horní Divoké Orlici na přítoku do VD Pastviny dosáhl maximální průtok jen úrovně Q_2 .

V porovnání s předcházejícím rokem 2005, kdy v nižších oblastech byla vodní hodnota sněhu nižší (v pásmu 550 až 700 m n.m. až o 100 mm), byla také méně výrazná jarní povodeň (15. až 20.3.2005), kdy nejvyšší průtoky dosáhly jen úrovně Q_2 .

Zajímavou situaci přinesl letošní konec zimy. Výrazné tání sněhové pokrývky jsme zaznamenali již v polovině ledna 2011, kdy průtoky na přítocích Divoké Orlice dosáhly úrovně Q_2 , na samotné střední Divoké Orlici Q_{2-5} . Od poloviny února pak následovalo převážně mrazivé a téměř bezsrážkové období, takže v době provádění měření se sněh vyskytoval jen nad 500 m n.m., jednalo se převážně o velmi ztvrdlý firn, naměřené hustoty sněhu byly v rozsahu od 0,340 do 0,508.

Tab. 1: Průměrná výška sněhové pokrývky v cm podle výškových pásem.

Tab. 1: Average snow height [cm] according to altitude zones.

Datum měření nadmořská výška	9.-10.3. 2005	8.-9.3. 2006	5.3.2007	11.-12.3. 2009	10.-11.3. 2010	9.-10.3. 2011
1100 - 1000 m	157	148	64	98	75	50
1000 - 900 m	151	161	67	85	74	49
900 - 800 m	125	146	36	70	61	37
800 - 700 m	107	130	18	53	45	27
700 -550 m	87	113	x	39	35	6

Tab. 2: Průměrná vodní hodnota sněhu v mm podle výškových pásem.

Tab. 2: Average snow water equivalent [mm] according to altitude zones.

Datum měření nadmořská výška	9.-10.3. 2005	8.-9.3. 2006	5.3.2007	11.-12.3. 2009	10.-11.3. 2010	9.-10.3. 2011
1100 - 1000 m	521	537	221	304	258	178
1000 - 900 m	555	562	270	266	258	175
900 - 800 m	369	505	129	208	216	157
800 - 700 m	302	429	76	167	172	116
700 -550 m	248	346	x	125	132	28

Závěr

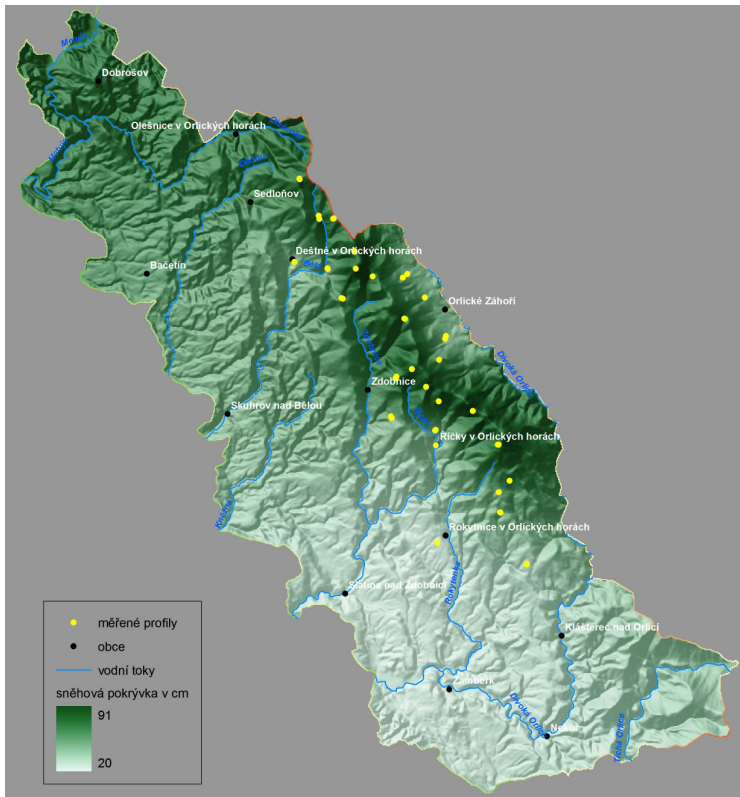
Disponujeme již několikaletou řadou výsledků předjarních měření sněhové pokrývky na území Orlických hor a zamýšlíme v pravidelných expedicích pokračovat. V současné době se objevují nové technické možnosti a zařízení pro sledování a měření sněhu, která dodávají více informací o pokryvu území sněhem, o jeho vodní hodnotě a výšce (využití satelitních snímků, automatické sněhoměrné stanice apod.) Terénní znalost je však stále nezastupitelná a získané údaje lze využít právě při vyhodnocování a porovnávání výsledků dodaných nejnovější technikou.

Resume

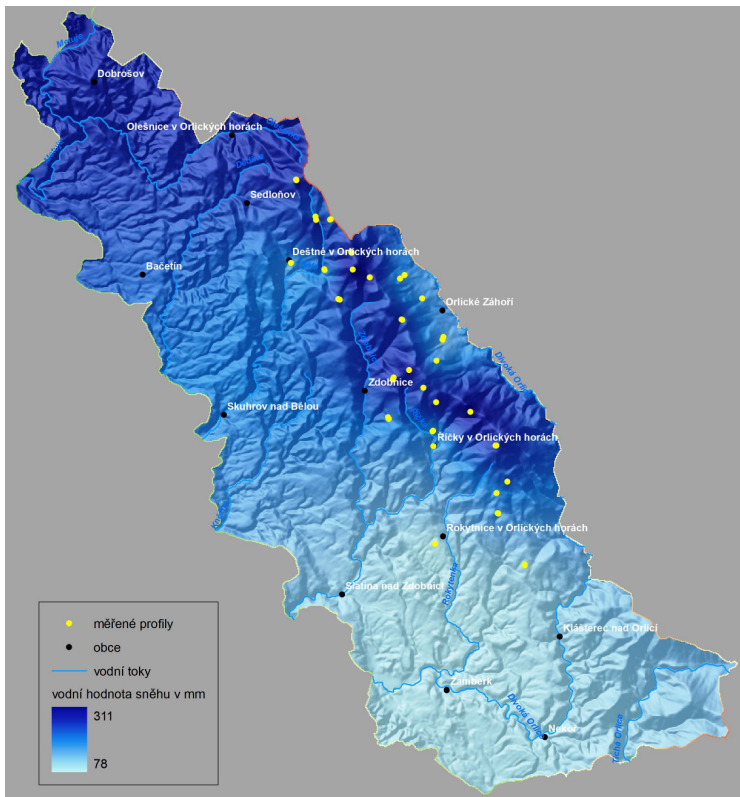
Terrain expedition measurements of snow cover in Orlické Mountains are realized every year in the first weeks of March. This area is drained away mainly by the river of Divoká Orlice. Information about snow depth and its water equivalent is an important complement to reports from measurement stations because climatic stations cannot be localized in higher mountain parts. The measured profiles are situated mainly in the highest mountain ridge every year in the same place. This profile net is further complemented according to relevant conditions. When it is possible, the profiles are coupled, situated both in open and forested areas. The obtained data are used for hydrological overview before spring snowmelt. Especially they are used for specifying data used in hydrological forecasting model AquaLog. Expedition measurements are carried out regularly from the year 2005 and thus we can compare results. The highest water storage in a snow was found out in the year 2006 when a spring flood came in the end of March. Return periods of maximal achieved discharges were 5-10 years.

Literatura

- AQUALOGIC: Aqualog – modelovací systém hydrologických a vodohospodářských procesů, teorie řízení systému a modelovací techniky (dokumentace k programu), Praha 1999.
- HANČAROVÁ E.: Expediční měření sněhu v Orlických horách pro účely hydrologických předpovědí. In: Hydrologické dny 2010, 2. díl, s. 529, Hradec Králové 2010.
- HANČAROVÁ E.: Využití výsledků měření sněhové pokrývky pro modelování předpovědí průtoků. In: Sborník ze semináře – 11. Stretnutie sneharov, s. 52-58, ČHMÚ OHV Jablonec nad Nisou 2006.
- MACCOVČIN P.: Chráněná území ČR. Svazek V, Královéhradecko. AOPK ČR, Brno 2002.
www.orlickehory.net



Obr. 2: Výška sněhu v Orlických horách ve dnech 9.-10.3.2011.
 Fig. 2: Snow height in the Orlické Mountains during 9th - 10th March 2011.



Obr.3: Vodní hodnota sněhu v Orlických horách ve dnech 9.-10.3.2011
 Fig. 3: Snow water equivalent in the Orlické Mountains during 9th - 10th March 2011.

DUNAJ NA VÝCHOD OD VIEDNE

Ing. Vladimír Holčík

Vodohospodárska výstavba, š.p., Bratislava

Súhrnný vodohospodársky úpravový projekt Dunaja na východ od Viedne (v ďalšom len Projekt) sa týka oblasti rkm 1921 – 1880,2 Dunaja (Freudenau – Devín), ale aj spoločného rakúsko - slovenského úseku Dunaja (rkm 1880,2 – 1872,7), teda úseku od vodného diela Freudenau prakticky po Bratislavu. Ale zlé dôsledky Projektu pociťujú už aj iné štáty.

Pravdou je, že celý, približne 48 kilometrový úsek Dunaja, je vystavený silnému tlaku očakávaní mnohých a veľmi odlišných záujmových skupín, nehľadiac na štátne hranice. Dunaj tu nie je ovplyvnený vzduťm a tak v čase nízkych prietokov je plavba komplikovaná pre existenciu viacerých brodov, čo vyžaduje úpravu vodnej cesty tak, aby vyhovovala modernej plavbe. Dunaj tu nie je energeticky využívaný, hoci medzi VD Gabčíkovo a VD Freudenau je priestor pre aspoň jedno vodné dielo. Iný je záujem predstaviteľov rakúskeho Národného parku (založený bol v roku 1997), v ktorom je Dunaj s jeho ramenami významnou súčasťou. S tým je spojené zastavenie budovania vodných diel v Rakúsku v tomto úseku, čo treba považovať za politické rozhodnutie rakúskej strany. Rakúski odborníci si tiež uvedomujú problém erózie dna toku, kde sa dno prehľbuje o asi 2 až 3,5 cm ročne. Svojou ideou úpravy toku klasickými metódami sleduje rakúsky Projekt niekoľko cieľov:

- zabránenie zaklesávaniu dna toku,
- trvalo udržateľné zlepšenie plavebných hĺbok,
- trvalo udržateľné zlepšenie ekologických pomerov,
- nezhoršenie protipovodňovej ochrany.

Pre dosiahnutie týchto cieľov sa uvažuje s rôznymi opatreniami – so zmenou granulometrie dnového materiálu, rozoberaním kamenných brehových opevnení, smerných stavieb a čiastočne aj výhonov (kameň je údajne v toku cudzí, neprirodzený materiál), prepojením koryta toku s ramenami, prehlbovaním ramien bagrovaním. V rámci „zlepšenia“ granulometrického zloženia dna sa uvažuje s jeho pokrytím štrkom s priemerom zrna 40 – 70 mm vo vrstve 25 cm v množstve 40.000 m³/rok. Okrem rozoberania starých výhonov sa budú budovať aj nové, nižšie, resp. dlhšie, čím sa má dosiahnuť mierne zvýšenie hladín pri nízkych prietokoch. Cieľom týchto úprav je mať pri hladine nízkej regulačnej a plavebnej vody (HNRaPV) plavebnú hĺbku 28 dm. Brehové opevnenia sa budú z časti rozoberať na dĺžke asi 31 km, čím sa má doceliť akási prirodzená dynamika morfológie koryta. Vtoky do ramien budú tak nízke, že aj v čase prietokov blízkych HNR a PV budú ramená prietochné. Pre lepšiu predstavu uvádzam množstvá materiálov, ktoré majú byť zabudované, resp. premiestnené:

	miesto	materiál	výkopy, ťažba	násypy
zlepšenie granulometrie dna	tok, rkm 1920-1880	štrk, frakcia 40-70 mm		1.816.500 m ³
zlepšenie granulometrie dna (rezerva)	tok, rkm 1920-1880	štrk, frakcia 40-70 mm		365.000 m ³
úpravy dna bagrovanie, zásyp	tok, rkm 1920-1873 rkm 1920-1880	štrkopiesok	470.600m ³	892.900 m ³
bagrovanie na brehoch	obidva brehy	štrkopiesok	342.000 m ³	
ťažba štrkov z hálď na brehoch, sypanie ostrova	obidva brehy	štrkopiesok	208.300 m ³	100.600 m ³
výstavba výhonov	tok, rkm 1917-1883	kameň		66.300 m ³
zníženie výhonov	tok, rkm 1921-1883	kameň	137.700 m ³	
smerné stavby	tok	kameň	16.400 m ³	57.100 m ³
odstránenie opevnenia	obidva brehy, rkm 1918-1880	kameň	404.500 m ³	

Zdroj: Súhrnný vodohospodársky úpravný projekt Dunaja na východ od Viedne, febr. 2007

Práce majú trvať 7,5 roka, majú stáť asi 210.000.000 € a sú rozdelené do viacerých etáp. Začalo sa s prestavbou úpravných stavieb, nasledovať bude úprava dna, uloženie hrubých frakcií štrku do dna, dorábky dnových úprav a konečne odstraňovanie brehových opevnení a vybudovanie vtokov a výtokov na ramenách. Uvažuje sa, že kameňa vyťaženého z brehových opevnení bude asi 400.000 m³ a bude použitý inde v stavebníctve. Do dna sa nasype spolu aj s rezervou asi 2,2 mil. m³ štrku hrubej frakcie.

Voči projektu vyslovili pochybnosti a výhrady mnohí vodohospodárski a environmentálni odborníci zo Slovenska už v júni 2008 a priebežne na rôznych fórach. Výhrady spočívali v nasledovnom:

- Projekt, jeho realizácia, nezlepší plavebnú dráhu na transeurópskom Koridore VII na úroveň, ako to požaduje Dunajská komisia a Európska dohoda o hlavných vnútrozemských vodných cestách medzinárodného významu (AGN); významný bottle-neck, úžina na slovensko – rakúskom úseku v rkm 1875, sa neodstráni; deklarované plavebné hĺbky 26 až 28 dm sa navrhovanými úpravami dlhodobo, bez následných opráv a údržby, nedajú udržať,
- dá sa predpokladať, že dlhodobý vývoj neopevnených brehov na rakúskom území spôsobí zväčšenie objemu plavenín a splavenín, ktoré sa budú usadzovať v oblasti zdrže Čunovo; môže dochádzať ku kolmatácii infiltračných ciest vodných zdrojov (Ostrovne Lúčky, Pečniansky les a Vodárenský ostrov), ich kvantitatívnej a kvalitatívnej degradácii,
- usadzovaním plavenín a splavenín v oblasti Bratislavy a následným zvýšením dna Dunaja, sa iný významný bottle-neck, Starý most v Bratislave v rkm 1868,14, stane ešte väčšou plavebnou prekážkou; jeho podjazdná výška sa pri vysokej plavebnej hladine ešte viac zníži,
- Projekt nezlepšuje protipovodňovú ochranu na rakúskom území, deklaruje len, že sa nemá zhoršiť, čo sa na prvý pohľad zdá, že sa to územia Slovenska netýka – opak je pravdou,
- Projekt neuvažuje s energetickým využitím spoločného rakúsko – slovenského úseku Dunaja, ignoruje výrobu bezodpadovej a obnoviteľnej energie v množstve asi 1 500 GWh/rok, následok znamená zvyšovanie emisií a vypúšťanie skleníkových plynov do ovzdušia; toto je v priamom rozpore s energetickou politikou Európskej únie.

Je očividné, že v koncepcii úpravy Dunaja na úseku VD Freudenu až po Bratislavu sa stretávajú dve stanoviská, slovenské, ktoré chce Dunaj energeticky využiť, postaviť dlhodobo plánované vodné dielo Wolfsthal a tak zlepšiť plavebné pomery a konečne aj protipovodňovú ochranu územia. A stanovisko rakúske, ktoré uvažuje s uvedením úseku do stavu, aký bol možno realitou pred viac ako 100 rokmi, pričom finančný náklad predstavuje až 210 mil. €. Ale ak bolo v minulosti možné na rakúskom úseku Dunaja postaviť desať vodných diel, tak prečo práve nie jedenáste na spoločnom úseku Dunaja, znie zásadná otázka na rakúskych kolegov. Samozrejme poznáme aj ich odpoveď – lebo politika.

Podľa súčasných znalostí Projektu na slovenskej strane sa zdá, že všetky ciele, ktoré rakúska strana očakáva, že budú realizáciou ich Projektu dosiahnuté, sa dajú docieľiť aj realizáciou spoločného projektu VD Bratislava -Wolfsthal.

Keďže Rakúsko už začalo Projekt realizovať po častiach kratších ako 3 km, ako veľkopokus, následky sa okamžite dostavili.

V zdrži Hrušov, kde boli dlhé roky, od uvedenia VD Gabčíkovo do prevádzky, plavebné hĺbky min. 35 dm, má odrazu SVP OZ Bratislava (bývalé Povodie Dunaja) starosti s plytčinami. Boli zaznamenané hĺbky v plavebnej dráhe len 17 dm.

Občas, po zakolísaní hladiny (a to sme nemali ešte žiadnu dramatickú povodeň), máme plavebné komory v Gabčíkove plné „živých“ zelených stromov, medzi ktorými sa nájdu strhnuté bóje. Spred haťových polí aj spred VE Čunovo a VE Gabčíkovo sa stromy, aj keď ťažko, vytiahnuť dajú, z plavebných komôr však nie. A tak sa stromy plavebnými komorami prepúšťajú ďalej a strhávajú bóje aj pod Gabčíkovom.

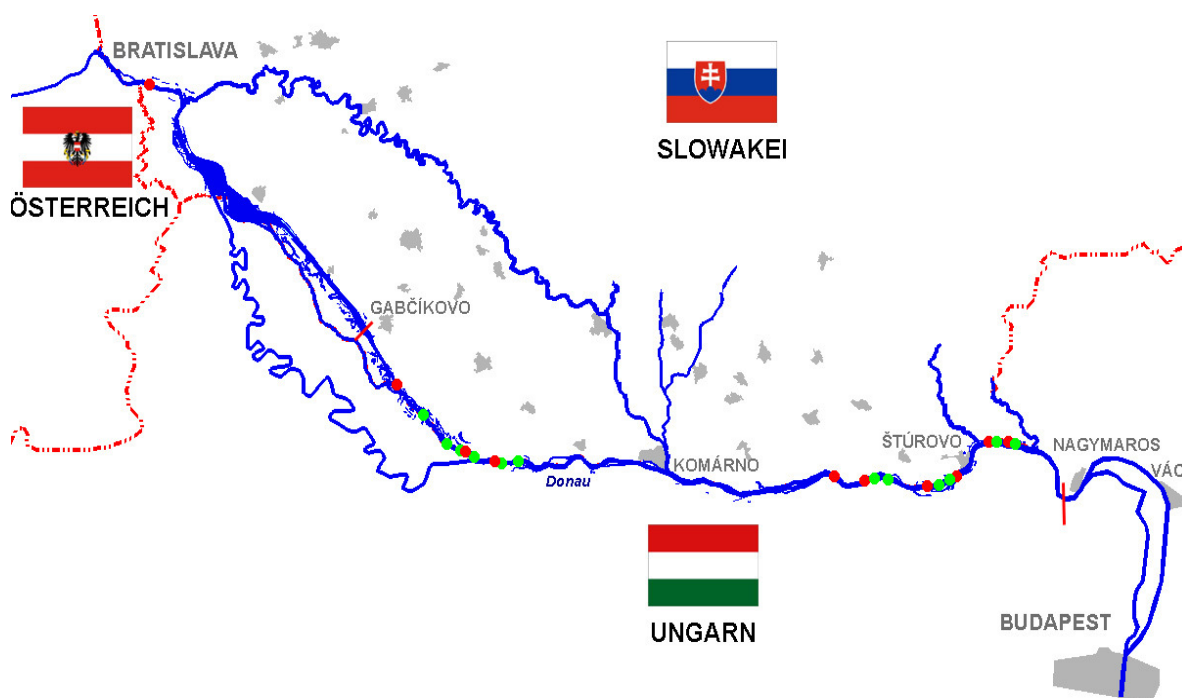
Vzhľadom na tú skutočnosť, že za 4 roky sme mali na MŽP SR piatich ministrov, napospol vodohospodárskych a environmentálnych analfabetov, nebolo toto ministerstvo schopné napísať do Rakúska protestný list. Projekt je síce v súčasnosti v Rakúsku dočasne pozastavený, ale len pre požiadavky ešte zelenších environmentalistov.

Aby sa situácia na plavebnej dráhe Dunaja ako Koridoru VII na Slovensku zlepšila, je treba odstrániť tri významné bottle-necky:

1, úžinu na spoločnom slovensko – rakúskom úseku Dunaja v rkm 1875,5. V tom, že ideálnym, trvalo udržateľným riešením, prinášajúcim okrem dobrej plavebnej dráhy aj tú najčistejšiu a obnoviteľnú energiu, sa zhodnú rakúski aj slovenskí odborníci. A tým riešením je výstavba spoločného slovensko – rakúskeho vodného diela.

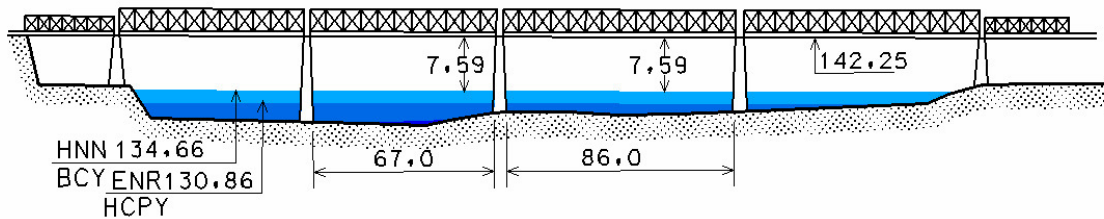
2, Starý most (most ČA) v Bratislave nespĺňa požiadavku Dunajskej komisie. Most by mal byť asi o 2 m vyšší a jeden z jeho pilierov by mal byť odstránený. Most patrí mestu Bratislava, ktoré po asi 3-ročnej rekonštrukcii most v decembri 2010 sprístupnilo pre peších a pre cyklistov! Na jeho totálnu rekonštrukciu, resp. na odstránenie tej starej vojenskej haraburdy a postavenie nového moderného mosta nemá mesto peniaze.

3, Tretím bottle-neckom je úsek 1811 – 1708, teda úsek spoločný slovensko – maďarský, úsek plný brodov a úžin. Nuž tu ale narážame opäť na politikov, tentoraz politikov maďarských. Problém Sústavy vodných diel Gabčíkovo – Nagymaros je dostatočne známy, nie je treba o ňom hovoriť. Možno len toľko, že ak by Maďarsko plnilo svoje záväzky vyplývajúce z medzištátnej Zmluvy o výstavbe a prevádzke SVD G-N, tak by bol aj tento úsek už skoro 20 rokov bez plavebných problémov.





Sútok Dunaja a Moravy, rkm 1880,2; hradná skala prechádzajúca do dna Dunaja vytvára plavebnú úžinu



Starý most v Bratislave, rkm 1868,14; most je nízky a jeden pilier je priamo v strede plavebnej dráhy



Vodné dielo Nagymaros, rkm 1696,25; jeho nerealizáciou je úsek až po VD Gabčíkovo splavný len asi 40% dní v hydrologicky priemernom roku.



Ľavý breh Dunaja v oblasti Hainburgu zbavený brehového opevnenia v rámci Projektu na východ od Viedne



Plavebná komora v Gabčíkove plná vzrastlých stromov s koreňovým systémom ako následok Projektu na východ od Viedne



„Koberec“ pred VE Gabčíkovo; vpravo v strede obrázku červená aj zelená odtrhnutá bója

Ing. Vladimír Holčík, Vodohospodárska výstavba, š.p., Karloveská 2, 842 04 Bratislava, SR
tel.: +421 2 602 92 508, Fax: +421 2 654 20 839, e-mail: vladimir.holcik@vzb.sk

PRÍSPEVOK SNEHU K ODTOKU A DOPLŇANIU PODZEMNEJ VODY

Ladislav Holko, Michal Dóša, Michal Danko, Zdeněk Kostka

Ústav hydrologie SAV, Ondrašovská 16, 031 05 Liptovský Mikuláš, holko@uh.savba.sk

Úvod

Jarné topenie snehu v kombinácii s dažďovými zrážkami je hlavnou príčinou toho, že maximálne ročné odtoky v strednej Európe sa vyskytujú v mesiacoch marec až júl. Vplyv topenia snehu sa prejavuje aj na odtoku riek, ktoré majú veľkú časť povodia v nížinách. Topenie snehu je dôležité aj pre dopĺňanie zásob podzemných vôd. Určenie podielu snehu pri jarnom odtoku z vybraných povodií horného Váhu, dopĺňaní zásob podzemnej vody a určenie doby prechodu vody zo snehu povodím pomocou stabilných izotopov vody je hlavným cieľom projektu, ktorý sme začali v roku 2010.

Využitie stabilných izotopov vody v hydrologii

Atómy kyslíka a vodíka, ktoré vytvárajú molekulu vody, nie sú rovnaké, ale predstavujú zmes niekoľkých izotopov, teda atómov s rôznym počtom neutrónov v jadre. Základným rozdielom medzi jednotlivými izotopmi toho istého prvku je ich rôzna hmotnosť. Atóm vodíka sa v prírode vyskytuje vo forme troch izotopov. Najpočetnejší je tzv. ľahký vodík (^1H) alebo protium (málo používaný názov), ktorý nemá v jadre žiadny neutrón a predstavuje 99,985% výskytu všetkých izotopov vodíka v prírode. Približne 0,015% vodíka je tvorených izotopom deutéria (^2H), ktorý má v jadre jeden neutrón. Tretím izotopom vodíka je trícium. Jadro trícia (^3H) má dva neutróny, je nestabilné a rozpadáva sa (polčas rozpadu je cca 12,4 roka). Relatívny výskyt tohto izotopu v prírode pred začiatkom testov jadrových zbraní bol $10^{-15}\%$. Do roku 1963, keď bolo v atmosfére kvôli jadrovým pokusom maximálne množstvo trícia, sa jeho relatívny výskyt zvýšil na $10^{-13}\%$.

Aj kyslík sa v prírode vyskytuje vo forme troch izotopov. Najpočetnejším (99,76%) je izotop ^{16}O , ktorý má v jadre 8 neutrónov. Približne 0,04% kyslíka je tvorené izotopom ^{17}O (9 neutrónov v jadre) a 0,2% kyslíka sa vyskytuje vo forme izotopu ^{18}O (10 neutrónov v jadre). Voda ako zlúčenina kyslíka a vodíka sa skladá môže skladať z 9 kombinácií izotopov.

Za vedecké práce spojené s izotopmi bolo v 20. storočí udelených niekoľko Nobelových cien. Postupný vývoj meracích prístrojov a poznatkov o rozšírení stabilných izotopov vody v prírode viedol aj k ich využitiu v hydrologii. Rozdielne izotopické zloženie vody „značuje“ vodu v rôznych fázach hydrologického cyklu. V hydrologii povodia sa prvé práce využívajúce izotopy vody ako stopovače objavili na začiatku 70. rokov 20. storočia. V princípe ide o tri oblasti. Prvou z nich je identifikácia vzťahov medzi vodu z rôznych zdrojov. Niekedy stačí napríklad odber len niekoľkých vzoriek vody, aby sa dalo určiť či podzemná voda vo vrte infiltrovala z rieky alebo z jazera. Takýto poznatok by sa bez využitia stopovačov dal získať len veľmi ťažko. Druhou oblasťou využitia izotopov je separácia hydrogramu, ktorá vychádza zo zmiešavacej rovnice (Pinder a Jones, 1969):

$$Q_{gw} = [(c_{tr} - c_{dr}) / (c_{gw} - c_{dr})] Q_{tr} \quad (1)$$

kde Q_{gw} je odtok podzemnej zložky z meranom profile na toku, Q_{tr} je celkový odtok, c_{tr} , c_{dr} a c_{gw} sú koncentrácie použitého stopovača v celkovom odtoku, v priamom odtoku (príčné zrážky alebo topiaci sa sneh) a v podzemnej vode (obyčajne sa používa koncentrácia v celkovom odtoku pred začiatkom vlny).

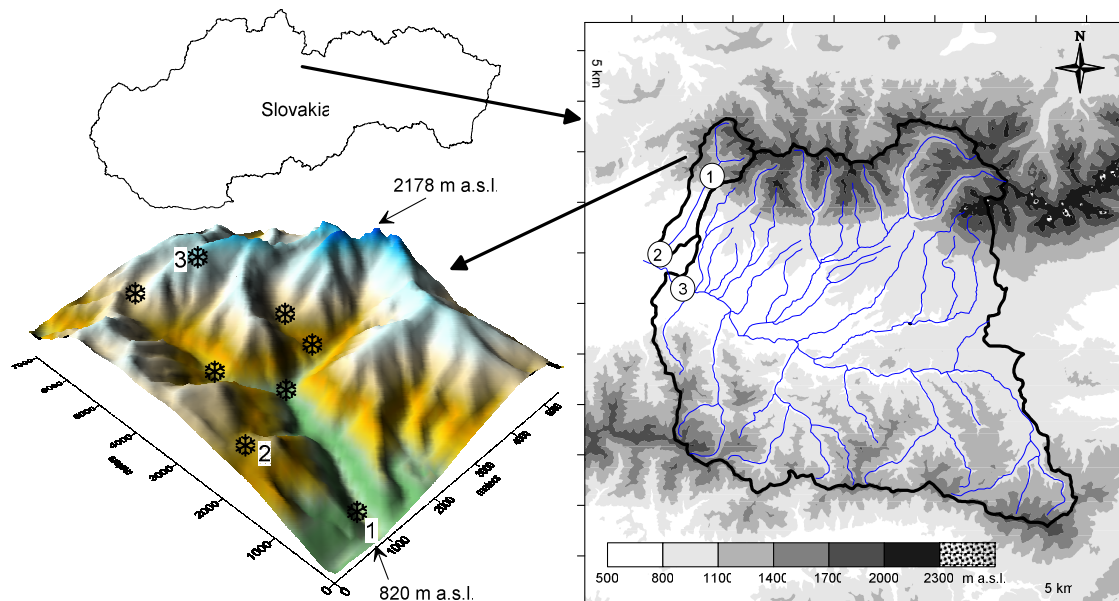
Pomocou rovnice (1) sa celkový odtok v meranom profile separuje na dva zložky (tzv. dvojzložkový model). Namiesto termínov podzemná zložka a priamy odtok, ktoré použili

Pinder a Jones (1969), sa začali používať termíny stará a nová voda, ktoré presnejšie vyjadrujú pôvod separovaných zložiek. Stará voda je voda, ktorá bola v povodí pred vlnou, nová voda je voda z príčinnej zrážky alebo topenia snehu. Pinder a Jones (1969) použili ako stopovače koncentrácie rôznych iónov vo vode. Prvá publikácia o izotopickej separácii hydrogramu vo svetovej literatúre (pomocou izotopu trícia pri vlne zo snehu) uvádza výsledky z povodia Modrý Důl v Krkonošiach (Dinçer et al. 1970). Základné predpoklady úspešného použitia stabilných izotopov vody pri separácii hydrogramu zhrnuli Sklash a Farvolden (1979). Na Slovensku bola separácia hydrogramu počas topenia snehu použitá v roku 1992 (Holko, 1995). Dvojzložkový model môže byť použitý napr. aj pri výpočte podielu riečnej vody vo využívanom vrte (napr. Maloszewski, 2000) alebo podielu snehu na dopĺňaní zásob podzemnej vody (napr. Earman et al., 2006).

Tretím využitím stabilných izotopov vody v hydrológii povodia je určenie doby prechodu vody povodím (donedávna sa používal skôr termín doba zdržania). Využíva sa pritom sezónne kolísanie obsahu izotopov kyslíka a vodíka v zrážkach (v lete je v zrážkach viac ťažších izotopov, v zime menej), ktoré je v odtoku menšie a časovo posunuté. Z pomeru amplitúd izotopického zloženia zrážok a odtoku sa dá vypočítať priemerná doba prechodu vody povodím (napr. Maloszewski a Zuber, 1982; McGuire a McDonnell, 2006; u nás napr. Holko, 1995; Holko et al, 2008; Šanda et al, 2011). V prípade určenia priemernej doby prechodu snehovej vody povodím je to komplikovanejšie, lebo vstup (topenie snehu) neprebíha celoročne, ako pri zrážkach, ale v krátkom období počas topenia snehu a izotopické zloženie vody z topiaceho sa snehu sa postupne mení. Na začiatku topenia je voda zo snehu izotopicky ľahšia, na konci ťažšia. Lyon et al (2010) použili na charakterizovanie izotopického zloženia vody z topiaceho sa snehu dva alternatívne postupy - priemernú hodnotu a lineárnu zmenu od začiatku po koniec topenia snehu.

Skúmané územie

Skúmaným územím je povodie horného Váhu. Výskum by mal zahŕňať povodia s rôznou mierkou (obr. 1) – veľké povodie horného Váhu po L. Mikuláš (plocha povodia cca 1100 km², priemerná nadmorská výška 1090 m n.m.), malé povodie Jaloveckého potoka po Ondrašovú (plocha povodia cca 45 km², priemerná nadmorská výška 1166 m n.m.) a jeho horskú časť, v ktorej dlhodobo vykonávame hydrologický výskum (plocha povodia cca 22 km², priemerná nadmorská výška 1500 m n.m.). Cieľom výskumu je lepšie poznanie úlohy snehu v hydrologickom cykle.

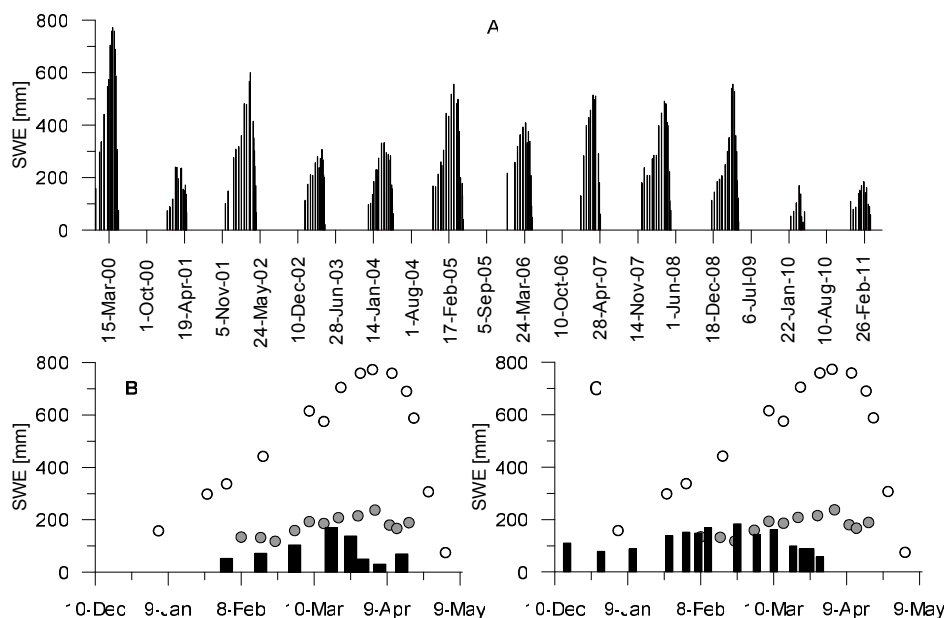


Obr. 1 Skúmané územie; pravá časť obrázku 1- povodie Jaloveckého potoka (horská časť), 2- celé povodie Jaloveckého potoka po Ondrašovú, 3-povodie horného Váhu po l. Mikuláš; ľavá spodná časť obrázku-meracia sieť v povodí Jaloveckého potoka (horská časť) 1-limnigraf, v blízkosti meranie zrážok, teploty vzduchu, vodnej hodnoty snehu a izotopického zloženia vody z topiaceho sa snehu a podzemnej vody, 2-meteorologická stanica v priemernej nadmorskej výške povodia, meranie vodnej hodnoty snehu a izotopického zloženia vody z topiaceho sa snehu, symbol snehovej vločky znázorňuje lokality s expedičnými meraniami výšky a vodnej hodnoty snehu.

Fig. 1 Study area; RIGHT FIGURE – DEM, the main river network and location of river gauges at outlets of the mountain part of the Jalovecký creek catchment (1), the whole Jalovecký creek catchment (2) and the upper Váh river basin; BOTTOM LEFT FIGURE – mountain part of the Jalovecký creek catchment, 1- catchment outlet, meteorological station including tin snow lysimeters and extended funnel gauge (750 m a.s.l.) and two springs (one in the mountain valley upstream of the gauge, one downstream in the foothill part of the catchment); 2 – meteorological station at catchment mean altitude (1500 m a.s.l.) including extended funnel gauge and tin snow lysimeters in the open area and forest, sampling for the small-scale variability of isotopic composition of snowpack; 3-meteorological station (1900 m a.s.l.); the snow flake symbols show locations of snow courses at different altitudes.

Predbežné výsledky

Vodná hodnota snehu v priemernej nadmorskej výške povodia Jaloveckého potoka od zimy 2000 do 2011 (horská časť) je znázornená na obr. 2. Obrázok ukazuje, že dve posledné zimy 2010 2011 boli snehovo veľmi slabé.

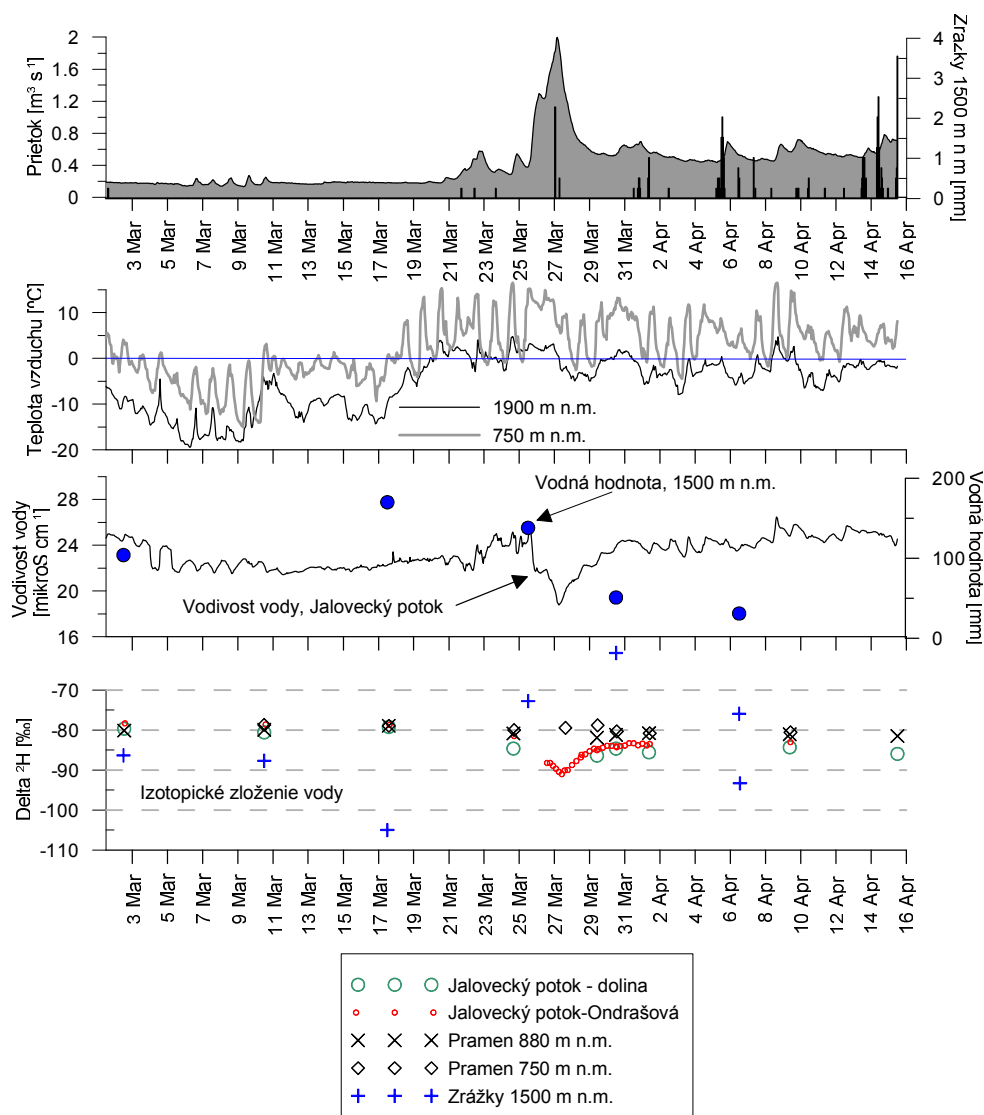


Obr. 2 A- vodná hodnota snehu (SWE) v nadmorskej výške 1500 m v zimách 2000-2011; B- porovnanie vodnej hodnoty snehu v roku 2010 (stĺpce) so snehovo bohatou zimou 2000 a snehovo slabou zimou 1996; C- analogické porovnanie pre zimu 2011.

Fig. 2. A- snow water equivalents in winters 2000-2011 at mean altitude of the mountain part of the Jalovecký creek catchment (1500 m a.s.l.); b- comparison of snow water equivalents in winter 2010 (columns) with those in the snow-rich winter 2000 (white circles) and the snow-poor winter 1996 (black circles); c- the same as b for winter 2011.

Priebeh topenia snehu na jar 2010 je znázornený na obr. 3. Zaujímavá bola situácia na začiatku konci prvej marcovej dekády, keď sa v piatich po sebe idúcich dňoch objavili malé vlny typické pre topenie snehu počas radiačného počasia, hoci teploty vzduchu boli záporné. Významné topenie snehu sa začalo 21. marca. Vzhľadom na to, že snehová pokrývka bola v zime 2010 aj na horách veľmi malá, počas nasledujúcej veľkej vlny spojenej so slabým dažďom (27.3.), sa aj v horách v podstate roztopil takmer všetok sneh. Hlavné obdobie jarného rastu odtoku z povodia spôsobené s topením snehu obyčajne nastáva až koncom apríla, čiže približne o mesiac neskôr, ako tomu bolo v roku 2010. Vodivosť vody meraná v záverečnom profile povodia poukázala len na menší príspevok snehu počas kulminácie prvej vlny (22.3.). Počas druhej vlny vodivosť výrazne poklesla, čo indikuje veľký príspevok vody z topiaceho sa snehu a z dažďa. Významný príspevok podielu vody zo snehu je indikovaný aj poklesom izotopu deutéria v Jaloveckom potoku neďaleko záverečného profilu celého povodia v Ondrašovej.

Hodnoty $\delta^2\text{H}$ snehovej pokrývky 24.3.2010 merané v povodí na 9 profiloch v nadmorských výškach 1100-1900 m n.m. kolísali od -81 do -127‰. Vzhľadom na to, že analytická presnosť merania je 1‰, sú to veľmi veľké rozdiely. Údaje neukázali vzťah medzi izotopickým zložením snehu a nadmorskou výškou. Paradoxne najviac ťažších izotopov mal sneh v najvyššej nadmorskej výške. Paradoxne preto, lebo obsah ťažších izotopov v zrážkach so stúpajúcou nadmorskou výškou klesá. Snehová pokrývka však počas svojho vývoja podlieha zmenám a preto sa jej izotopické zloženie môže líšiť od izotopického zloženia jednotlivých snežení.

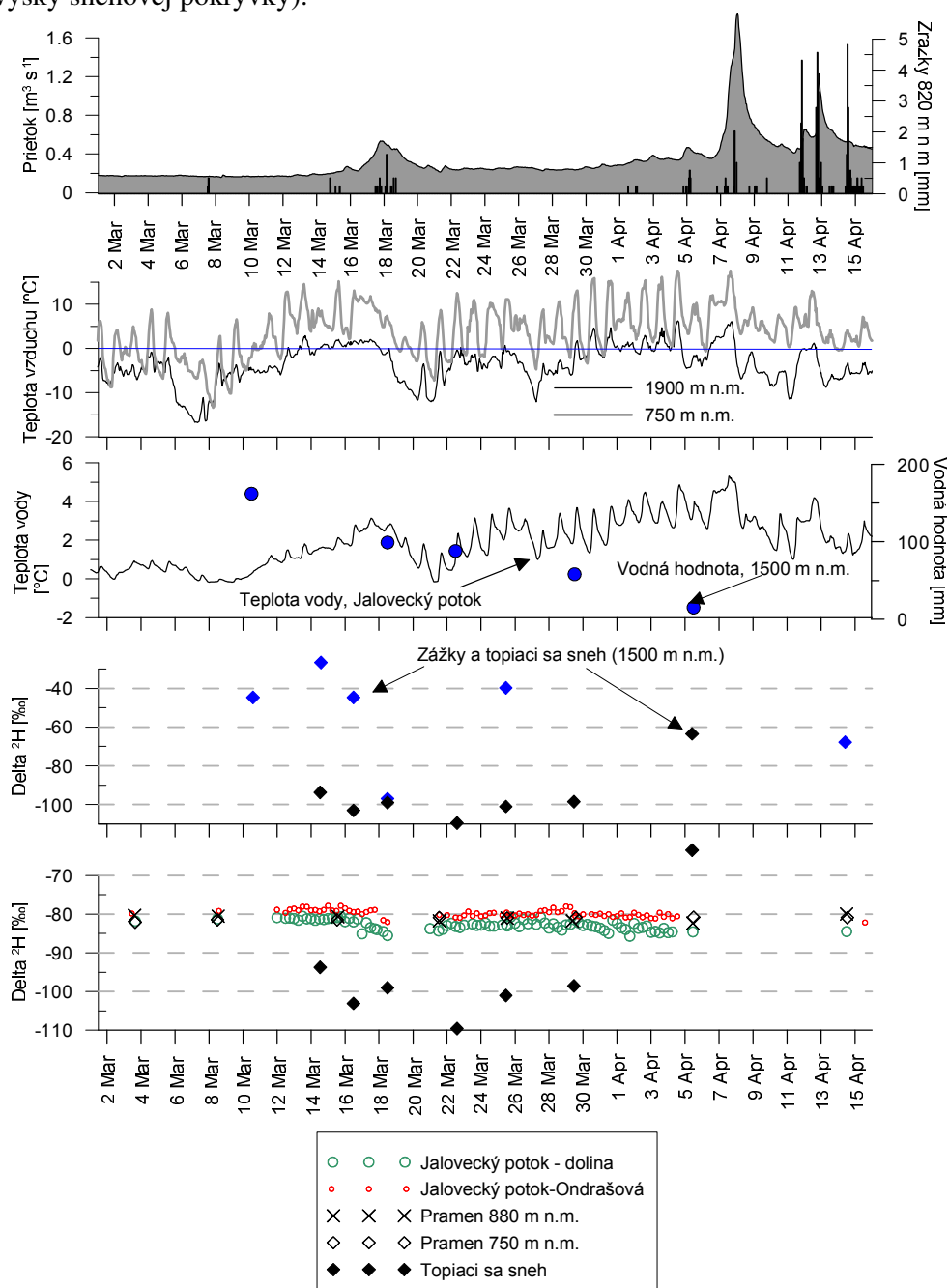


Obr. 3 Priebeh topenia snehu v povodí na jar 2010.
Fig. 3 Snowmelt in spring 2010.

Izotopické údaje sme použili pri výpočte podielu vody zo snehu na celkovom odtoku z povodia v období 24.-29.3.2010. Za hodnotu c_{dr} v rovnici (1), ktorá v našom prípade reprezentuje izotopické zloženie vsakujúcej vody z topiaceho sa snehu, sme dosadili hodnotu -110‰ , čo je približne priemerná hodnota meraná na snehových profiloch bez extrémne vysokej hodnoty nameranej v nadmorskej výške 1900 m n.m. $\delta^2\text{H}$ starej vody (c_{gw} v rovnici 1) sme charakterizovali meranými hodnotami z prameňa, ktoré sa počas udalosti lineárne menili od hodnoty -80‰ po hodnotu -82‰ . Vypočítaný maximálny príspevok vody zo snehu v čase maxima vlny 27.3. bol približne 34%.

V zime 2011 boli vykonávané oveľa podrobnejšie merania izotopického zloženia snehu, vody v Jaloveckom potoku na obidvoch profiloch (v závere horskej časti aj v závere celého povodia v Ondrašovej) a izotopického zloženia infiltrujúcej vody z topiaceho sa snehu. Potvrdilo sa, že izotopické zloženie snehu nemá výrazný vzťah s nadmorskou výškou, ale významne sa mení aj na miestach vzdialených od seba len niekoľko desiatok metrov. Voda z topiaceho sa snehu

sa izotopicky líši od vody zo vzoriek snehu odobraných pri snehomerných meraniach (jadro celej výšky snehovej pokrývky).



Obr. 4 Priebeh topenia snehu v povodí na jar 2011.
Fig. 4 Snowmelt in spring 2011.

Snehové pomery aj topenie snehu v zime 2011 boli podobné zime 2010 v tom, že snehu bolo málo a roztopil sa veľmi skoro. Vlna z topenia snehu bola na jar v roku 2011 veľmi malá a kulminovala 17.3. večer (Obr. 4). Príspevok vody zo snehu k celkovému odtoku z povodia počas maxima vlny bol pre rôzne merané izotopické zloženie infiltrujúcej vody zo snehu ($\delta^2\text{H}=-99\text{‰}$, -97‰ alebo $-100,5\text{‰}$) 15-19%. $\delta^2\text{H}$ starej vody ($\delta^2\text{H}=-81\text{‰}$) bola opäť charakterizovaná meranými hodnotami z prameňa. Po 20. 3. 2011 až do konca marca sa topil

postupne a na začiatku apríla už v priemernej nadmorskej výške povodia Jaloveckého potoka nebol takmer žiadny sneh (Obr. 4). Topenie snehu sa prejavilo na poklese deutéria v Jaloveckom potoku z $\delta^2\text{H}$ cca -81‰ pred vlnou na hodnoty okolo -83‰ .

Záver

Zimy 2010 a 2011 boli v Západných Tatrách snehovo veľmi slabé. Už prvé topenie v marci spôsobilo roztopenie takmer všetkého snehu v povodí. Maximálne príspevky počas vln z topenia snehu boli približne 34 a 15-19%. Pokles obsahu izotopu deutéria v Jaloveckom potoku poukázal na dlhodobější vplyv vody zo snehu na odtok z povodia, ktorý bol viditeľný aj v apríli.

Podakovanie

Práca bola vykonaná vďaka podpore projektov VEGA -2/0042/11, IAEA Research Contract No. 16061/R0 a MVTs IAEA.

Literatúra

- Dinçer, T., Payne, B.R., Florkowski, T., Martinec, J., Tongiorgi, E. (1970) Snowmelt Runoff from Measurements of Tritium and Oxygen-18. *Water Resources Research*, vol. 6. no. 1, 110-124.
- Earman, S., Campbell, A.R., Phillipos, F.M., Newman, B.D. (2006) Isotopic exchange between snow and atmospheric water vapor: Estimation of the snowmelt component of groundwater recharge in the southwestern United States. *Journal of Geophysical Research*, vol. 111, d09302, doi:10.1029/2005jd006470
- Holko, L. (1995) Stable environmental isotopes of ^{18}O and ^2H in hydrological research of mountainous catchment. *Vodohospodársky časopis*, 43, 4-5 249–274.
- Holko, L., Šanda, M., Kostka, Z., Michalko, J. (2008) Priemerná doba prechodu vody v povodiach s rôznou veľkosťou. In: Šír, M., Tesař, M., Lichner, L. (Eds.) *Hydrologie malého povodí 2008*. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Praha, 107–113.
- Lyon, S.W., Laudon, H., Seibert, J., Mörth, M., Tetzlaff, D., Bishop, K. (2010) Controls on snowmelt water mean transit times in northern boreal catchments. *Hydrological Processes*, DOI: 10.1002/hyp.7577
- Maloszewski, P. (2000) Lumped-parameter models as a tool for determining the hydrological parameters of some groundwater systems based on isotope data. *Tracers and Modelling in Hydrogeology (Proceedings of the TraM'2000 Conference held at Liège, Belgium, May 2000)*. IAHS Publ. no. 262, 271-276.
- Maloszewski, P., Zuber, A. (1982): Determining the turnover time of groundwater systems with the aid of environmental tracers, 1. Models and Their Applicability. *J. Hydrol.*, 57, 207 – 231.
- McGuire, K.J., McDonnell, J. (2006) A review and evaluation of catchment transit time modeling. *Journal of Hydrology*, 330, 543–563.
- Pinder, G.F., Jones, J.F. (1969) Determination of the Ground-Water Component of Peak Discharge from the Chemistry of Total Runoff. *Water Resources Research*, vol. 5 no. 2, 438-445.
- Sklash, M.G., Farvolden, R.N. (1979) The role of groundwater in storm runoff. *Journal of Hydrology*, 43, 45-56.
- Šanda, M., Vitvar, T., Holko, L., Blažková, Š., Bůžek, F., Císlarová, M., Fottová, D., Kostka, Z., Kulasová, A., Kvítek, T., Šnytr, O., Tachecí, P., Tesař, M., Vícha, Z., Žlábek, P. (2011)

Využití stabilních izotopů vodíku a kyslíku v hydrologii malých experimentálních povodí České a Slovenské republiky. In: Šír, M., Tesař (Eds.) Hydrologie malého povodí 2011. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Praha, 1–18.

RESUME

Winters 2010 and 2011 in the upper Váh river catchment, northern Slovakia were snow-poor (Fig. 1). Almost all snow in the mountains melted in March, which is over a month earlier than usually. Only two small snowmelt events occurred in each winter. Maximum contributions of snow to peakflows in 2010 and 2011 calculated by means of deuterium isotope were 34% and 15-19%, respectively. Hydrograph separation was not possible after the snow cover had disappeared. However, the influence of snow reflected in decrease of deuterium in the Jalovecký creek was visible also in April (Figs 3 and 4).

MONITORING AKUMULACE A TÁNÍ SNĚHOVÉ POKRÝVKY V PRAMENNÉ OBLASTI OTAVY

Jan Jelínek, Michal Jeníček, Jakub Čurda, Hana Beitlerová

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,
Katedra fyzické geografie a geoekologie

Úvod

Soustavný výzkum v pramenné oblasti Otavy začal na Katedře fyzické geografie a geoekologie v roce 2006, kdy byly na vybraných tocích instalovány první automatické hladinoměry, které měly sloužit k poskytnutí datové základny pro komplexní hydrologický výzkum odtokového režimu v oblasti zejména s ohledem na zhodnocení vlivu rašelinišť. Tato pozorovací síť čítá v současné době již 15 hladinoměrných profilů, 1 meteostanici a celkem 3 srážkoměry.

V sezoně 2006/7 započal rovněž monitoring charakteristik sněhové pokrývky prováděný expedičním měřením zejména ve vybraných experimentálních povodích (Rokytky, Ptačí potok, Černý potok), které jsou situovány v oblasti hlavního šumavského hřebenu NP Šumava bez relevantního pokrytí staničním měřením. Výsledky prací jsou průběžně vyhodnocovány v odborných článcích a v rámci studentských prací bakalářského a magisterského stupně.

Povodí pramenné oblasti Otavy po profil Rejštejn



Headwater of Otava river

Data a metody

Odtokový režim je v oblasti sledován kontinuálně celkem 15 hladinoměrnými stanicemi (ultrazvuková a tlaková čidla) s přenosem dat přes GSM. Na těchto profilech je průběžně prováděno hydrometrování pro zpřesňování konsumpčních křivek.

Automatická meteorologická stanice se srážkoměrem je umístěna na Březníku (1130 m n. m.) a poskytuje údaje o teplotě vzduchu, radiaci, vlhkosti a rychlosti a směru větru. Dále je instalován srážkoměr v povodí Rokytky a na lokalitě Zhůří.

Na závěrovém profilu Ptačí potok je na otevřeném prostranství umístěna rovněž ultrazvuková sonda měřící kontinuálně výšku sněhové pokrývky.

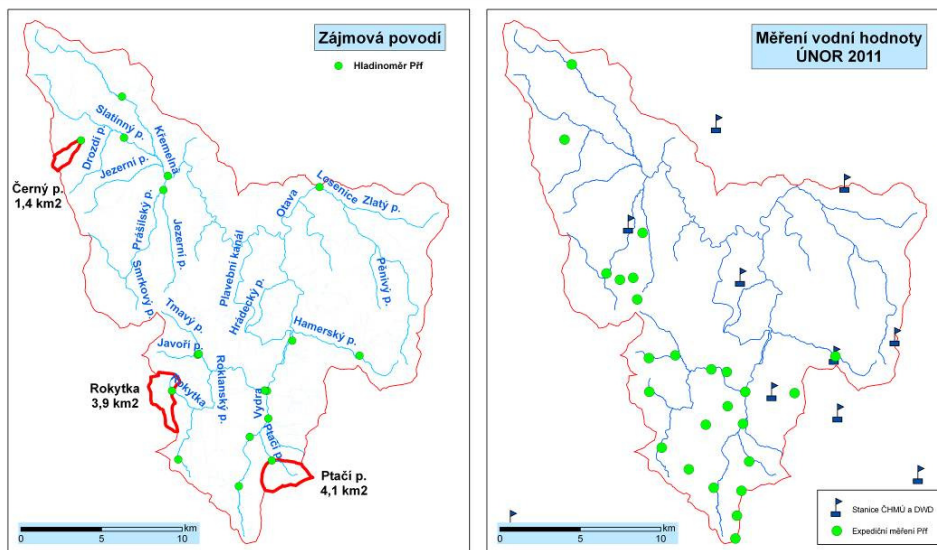
Hodnoty naměřené v terénu jsou dále porovnávány s daty ze staničního měření nejbližších stanic ČHMÚ a DWD.

Expediční měření charakteristik sněhové pokrývky provádějí pracovníci a studenti katedry nepravidelně podle časových možností cca 2 – 4 x za sezonu v experimentálních povodích

Rokytky, Ptačí potok a Černý potok. Povodí jsou pokryta sítí bodů na určených trasách zaznamenaných pomocí GPS. Jednotlivé body jsou vybírány s ohledem na reprezentativnost vůči okolí a jsou rozděleny do kategorií les – otevřená plocha – před větrem chráněná plocha (např. mýtiny). Na každém stanovišti je vždy opakovaně měřena výška sněhové pokrývky a její vodní hodnota. K měření vodní hodnoty jsou používány laminátové váhové sněhoměry.

V sezoně 2010/11 proběhla v únoru 2011 sněhoměrná kampaň i mimo tato experimentální povodí. Snahou bylo pokrýt nejvzdálenější místa pramenné oblasti Otavy a ověřit zda vybraná experimentální povodí vhodně reprezentují vrcholovou oblast povodí. Měření charakteristik sněhové pokrývky probíhalo pro lepší možnost srovnání pouze na otevřených plochách, kdy jeden bod představuje vždy průměr z pěti měření výšky a vodní hodnoty.

Experimentální povodí a rozsah expedičního měření sněhové pokrývky 10. 2. 2011



Experimental catchments and the location of snow cover field measurements on 10 February 2011

Vyhodnocení zimní sezony 2010/11

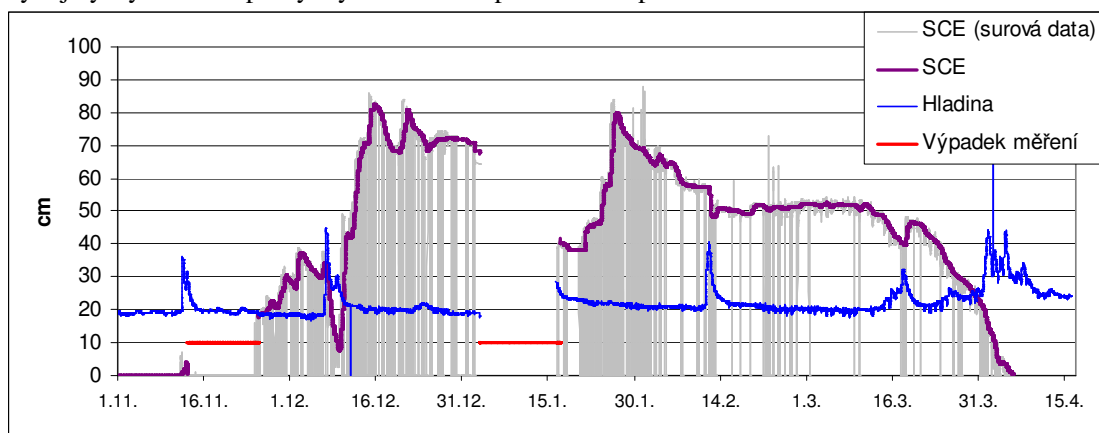
V zimě 2010/11 se v zájmové území vytvořila souvislá sněhová pokrývka ve výškách nad 1000 m n. m. v polovině listopadu a přetrvala přibližně do poloviny března. Poté již na jižních svazích a v nižších nadmořských výškách přestala mít souvislý charakter. Ve vrcholových partiích (povodí Rokytky a Ptačího potoka) přetrvala souvislejší sněhová pokrývka do první poloviny dubna. Ze záznamu vývoje výšky sněhové pokrývky na profilu Ptačí potok jsou zřejmé dva vrcholy zasněžení v polovině prosince a na přelomu roku 2010 a 2011. Z pohledu posledních pěti let lze charakterizovat tuto sezonu jako méně bohatou na sněhovou pokrývku, a to jak z hlediska množství tak doby trvání.

Při expedičním měření 10. února 2011 byla pokryta poměrně velká plocha míst nejvíce vzdálených od sítě pozemních pozorovacích stanic (ČHMÚ a DWD). V rámci měření bylo ověřeno, že vybraná experimentální povodí dostatečně reprezentují pramennou oblast Otavy z hlediska pokrytí sněhovou pokrývkou, neboť v oblastech mimo tato povodí nebyly zaznamenány výrazně odlišné charakteristiky. I nadále se potvrzuje předpoklad ověřený již v minulých letech monitoringu, že pro vrcholové partie Šumavy v pramenné oblasti Otavy je možno pro hrubou představu o panujících sněhových podmínkách využívat data z měření stanice Grosser Arber (DWD). Naopak staniční měření ČHMÚ na české straně není pro danou oblast reprezentativní neboť jsou na stanicích měřeny výrazně nižší hodnoty SVH i

SCE. Tato skutečnost je pravděpodobně dána návětrným a závětrným efektem hlavního Šumavského hřebene vůči převládajícímu směru proudění.

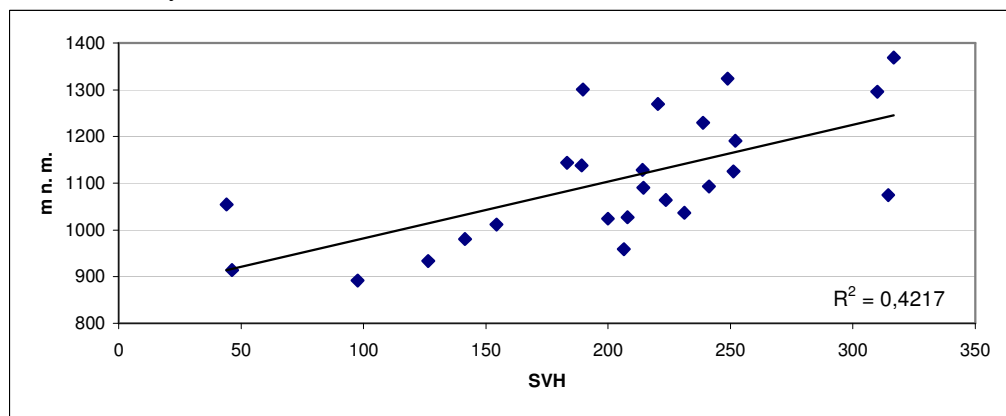
Sněhoměrnou kampaní v únoru 2011 se podařilo pokrýt období maximálních vodních zásob ve sněhové pokrývce před jarním táním. V následném období tání proběhla další tři měření v experimentálním povodí Ptačí potok, která budou vyhodnocena v rámci připravované diplomové práce jejímž cílem bude kalibrace vybraného modelu odtoku ze sněhu právě pro povodí Ptačího potoka.

Vývoj výšky sněhové pokrývky a odtoku na profilu Ptačí potok v sezoně 2010/11



Depth of snow in Ptačí potok catchment area in winter 2010/11

Měřené hodnoty SVH 10. 2. 2011



Measured values of SWE 10 February 2011

Shrnutí a závěr

V pramenné oblasti Otavy a zejména v experimentálních povodích Rokytky, Ptačí potok a Černý potok pokračuje pravidelný monitoring charakteristik sněhové pokrývky, jako součást komplexního hydrologického výzkumu započatého Katedrou fyzické geografie a geokologie v roce 2006. Zájmová oblast je pokryta poměrně hustou sítí hladinoměrných stanic doplněnou o meteostanici instalovanou na Březníku (1130 m n. m.), další dva srážkoměry a ultrazvukovou sondu pro kontinuální měření výšky sněhové pokrývky na profilu Ptačí potok.

V sezoně 2010/11 proběhly celkem čtyři sněhoměrné kampaně v experimentálním povodí Ptačí potok jejichž výsledky budou sloužit pro kalibraci vybraného modelu odtoku ze sněhu. Na počátku února navíc proběhla rozsáhlá sněhoměrná kampaň, která ověřila, že vybraná experimentální povodí vhodně reprezentují vrcholové partie pramenné oblasti

Otavy, které nejsou pokryty měřeními pozemních stanic ČHMÚ a DWD. Porovnáním v terénu měřených hodnot se staničním měřením byl potvrzena skutečnost ověřená již v minulých letech monitoringu, že pro hrubou představu o sněhových podmínkách panujících ve vrcholových partiích pramenné oblasti Otavy lze použít data ze stanice DWD Grosser Arber.

Poděkování

Vytvořeno za podpory Výzkumného záměru MSM 0021620831 “Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace“.

Resumé

In the headstream of Otava river and especially in experimental catchments of Ptačí stream, Rokytká stream and Černý stream, continues field monitoring of snow characteristics (depth of snow and snow water equivalent). This monitoring has started in 2006 as a part of comprehensive hydrological research in this area. Headstream of Otava river is covered by net of discharge gauges and rain gauges as well. In the catchment area of Ptačí stream was installed gauge also for continuous measurement of the depth of snow.

During winter 2010/11 were done four field measurements in the catchment area of Ptačí stream. These data will be used for calibration of snowmelt-runoff model. In February 2011 took part another campaign which covered large area of the upper part of the headstream of Otava river. The aim was to verify whether the experimental catchments sufficiently represent the whole area. This premise was positively tested. Data from field measurements were compared with those from the nearest permanent stations operated by CHMI and DWD. As result was verified that for rough idea about the snow conditions in the area data from station Grosser Arber can be used.

Literatura

Jeníček, M., Kocum, J., Jelínek, J. (2008): Monitoring sněhové pokrývky v povodí Rokytky v letech 2007 a 2008. In Broža, V., Szolgay, J., Fošumpaur, P. (Eds.). *Extrémní hydrologické jevy v povodích*. ČVÚT, Praha, 227-236.

Kocum, J., Jelínek, J., Jeníček, M. (2009): Monitoring sněhové pokrývky a vyhodnocení sněhových zásob na Šumavě a v Krušných horách. In Hanková, R., Kloze, Z., Pavlásek, J. (Eds.) *XIV. Mezinárodní stretnutie snehárov*. ČZU, Praha, 105-113.

Pobříšlová, J., Kulasová, A. (2000): Ukládání a tání sněhu v lese a na odlesněných partiích Jizerských hor. *Opera Corcontica*, 37, 113-119.

Singh, P., Singh, V. P. (2001): *Snow and Glacier Hydrology*. Kluwer Academic Publisher, Londýn, 742 s.

AUTOMATICKÉ SNĚHOMĚRNÉ STANICE V ČR – PROBLEMATIKA MĚŘENÍ SCE A SVH

Jan Jiráček

Český hydrometeorologický ústav

Úvod

Povodňové události z posledních let (2005, 2006), které byly způsobeny táním sněhu v kombinaci s intenzivními srážkami, prokázaly nutnost směřování dalšího výzkumu do oblasti modelování sněhových zásob a jejich operativnímu vyhodnocování pro potřeby hlášené a předpovědní povodňové služby. Stávající praxe měření vodní hodnoty sněhu (SVH) zahrnuje týdenní měření ve vybraných srážkoměrných stanicích a zpracování výsledků do formy odhadu celkových objemů vody akumulovaných ve vybraných povodích. Vzhledem k obtížím, které se vyskytují při měření sněhu v horských oblastech (při velké výšce sněhové pokrývky) a nedostatečnosti měření v týdenním intervalu v nižších polohách (kde dochází poměrně k výrazným změnám v relativně krátkých periodách), je potřebné rozvíjet metody a zařízení, které by umožnily měřit nebo odhadnout SVH v denním intervalu. Zároveň je třeba věnovat pozornost dosažení co nejúčelnějšího operativního vyhodnocení sněhových zásob zejména pro potřeby ochrany před povodněmi a hospodaření s vodou.

Automatické sněhoměrné stanice jsou ve větší míře využívány v operativní praxi v severní Evropě a Severní Americe. V České republice byla první automatická stanice nainstalována již v roce 1996 (Jizerské hory). Technické nedostatky a drahý provoz vedly po pěti letech k ukončení experimentu. Technologický vývoj posledních let a průkaznější možnosti využití dat vedly k opětovnému zájmu o tuto metodu.

Typy automatických stanic v ČR

V České republice jsou v současné době v provozu dva typy automatických sněhoměrných stanic. Každá ze stanic pracuje na odlišném principu vážení sněhové vrstvy, ze kterého se určí vodní hodnota sněhové pokrývky. Prototyp stanice vyvinutý firmou LEC s. r. o. (ČR) měří hmotnost sněhové vrstvy pomocí čtyř tenzometrických vah. Měřená plocha je vymezena deskou o rozměrech 4 x 4 m a plotem, který by měl zajistit odřezání sněhové vrstvy na požadovanou plochu. Druhým typem stanice je zařízení vyvinuté firmou Sommer (Rakousko) (dále typ Sommer). Stanice pracuje na principu polštáře naplněného glykolem a vodou, kde je snímán hydrostatický tlak, v případě zatížení zvýšený vahou sněhové pokrývky. Polštář má rozměry 3 x 3 m. Odřezání sněhové vrstvy na požadovanou plochu 9 m² není zajištěno. Součástí obou stanic je ultrazvukové čidlo na měření výšky sněhové pokrývky a teplotní čidlo. Pro celorepublikovou staniční síť byl na základě testovacího provozu vybrán typ Sommer.

Síť automatických stanic v ČR

V roce 2010 přistoupil Český hydrometeorologický ústav k rozšíření sítě automatických stanic. Ke stávajícím lokalitám Desná-Souš (Jizerské hory), Hanapetrova paseka (Krkonoše), Herálec (Hornosvratecká vrchovina) a Churáňov (Šumava) byly na základě předem daných kritérií vybrány lokality Benešky (Hostýnsko-Vsetínská hornatina), Klepáčov (Hrubý Jeseník), Luisino údolí (Orlické hory) a Sumrakov (Javořická vrchovina).

Kritéria výběru místa byla nastavena dle předchozích zkušeností s instalací a provozem stanic. Důležitým kritériem je nadmořská výška (600 - 800 m n. m.), procentuálně dostatečně

reprezentující vybrané povodí/geomorfologickou jednotku. Okolní vegetace by neměla bránit akumulaci sněhu, ale zároveň by měla, alespoň částečně, chránit před vyvátím sněhu.

Faktory ovlivňující přesnost měření

Faktory ovlivňující přesnost měření je možné rozdělit na dvě skupiny:

a) faktory ovlivňující přesnost měření vodní hodnoty v bodě a její vypovídací hodnotu pro širší okolí (přírodní, technické)

b) specifické faktory ovlivňující přesnost měření

add a)

Nejdůležitějším přírodním faktorem ovlivňujícím přesnost měření vodní hodnoty v bodě a její vypovídací hodnotu pro širší okolí je výběr místa. Lokalitu je nutné vybrat s dostatečným předstihem a pravidelně monitorovat rozložení sněhové pokrývky během jednotlivých fází zimní sezóny (akumulace, tání). Je nutné brát zřetel na klimatické podmínky daného místa (převládající směry větru, délku slunečního svitu) a jejich možnou změnu při změně okolního prostředí.

Mezi technické faktory ovlivňující přesnost měření patří zejména špatná instalace, nedostatečná péče o přístroje, chybějící kalibrace, kvalita měřících přístrojů (čidel).

add b)

V oblastech s pravidelnými teplotními výkyvy v zimní sezóně je nejpodstatnějším faktorem ovlivňujícím přesnost měření vytvoření sněhových mostů. Při pravidelném střídání tání a mrznutí sněhové pokrývky vznikají firnové a ledové vrstvy, které zapříčiňují rozložení tlaku do širšího okolí, než je vymezená plocha měřící stanice.

Dalším významným faktorem je smykové tření ve sněhové vrstvě na rozhraní hrany plochy měřící stanice a okolí. To je způsobeno rozdílnou rychlostí tání na měrné ploše a okolní půdě, kdy dochází k rozdílu v rychlosti sesedání sněhové vrstvy a smykovému tření na rozhraní. Tento jev způsobuje změnu tlaku na měřícím zařízení a tedy chybu měření.

Třetím faktorem je změna objemu nemrznoucí směsi (tlakový typ Sommer) v závislosti na teplotě. Projevuje se zejména při malé mocnosti sněhové pokrývky, kdy vlivem kolísání teploty vzduchu dochází ke kolísání teploty náplně a tedy k objemové změně, která vede za určitých podmínek k chybě měření.

Vybrané příklady

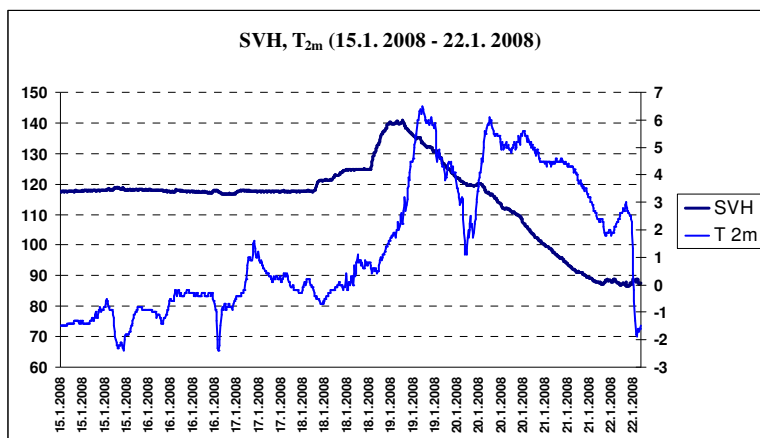
Následující příklady datových výstupů se zaměřují na situace, se kterými se lze běžně setkat při provozu automatických sněhoměrných stanic. Článek se snaží kriticky pohlížet na data a stručně shrnout, jaké jsou možné chyby, ale také přednosti zařízení na měření SVH na principu měření hydrostatického tlaku.

První tři situace popisují výstup ze stanice Desná-Souš (772 m n. m.) v zimní sezóně 2007/2008. Zbylé dvě situace ze stanice Benešky (845 m n. m.) popisují technické nedostatky, které mohou u tohoto typu stanic nastat u chybně nastavených senzorů v závislosti na povětrnostních podmínkách.

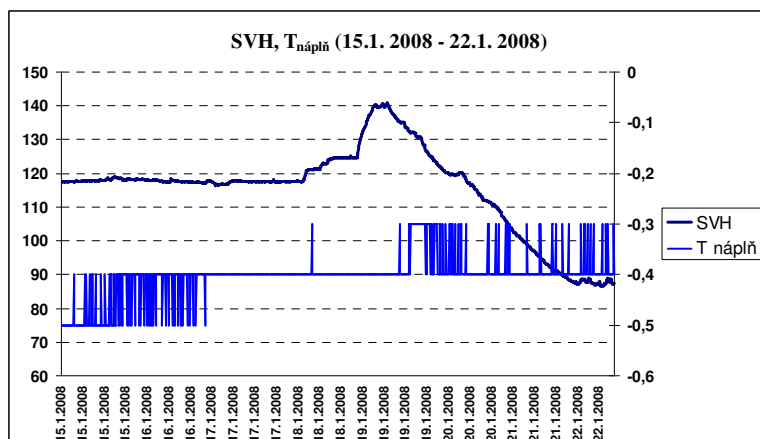
1) situace 15.1. – 22.1. 2008

Na obr. 1 a 2 je zobrazena typická situace pro střední polohy Jizerských hor. Jedná se o oblevu s vydatnými srážkami (> 90 mm). V první fázi (17. – 19.1.) dochází k akumulaci srážek (kapalných) ve sněhové vrstvě a tedy nárůstu SVH. Při nadále trvající kladné průměrné denní teplotě dochází následně k odtoku a tedy snížení SVH. Tento proces se zastaví 22.1., kdy průměrná denní teplota klesne pod 0°C.

Měření teploty vzduchu a úhmu srážek je v tomto případě zdvojeno záznamem na klimatické stanici Desná-Souš. Měřením na klimatické stanici nepostihnutelná je změna SVH v krátkém časovém úseku (4 – 5 dní), která je dostatečně přesně zaznamenána automatickou stanicí.



Obr. 1: Vodní hodnota sněhu (mm) a teplota vzduchu(°C) na stanici Desná-Souš (772 m n. m.).
 Fig. 1: Snow water equivalent and daily mean air temperature (Desná – Souš, 772 m a.s.l.).



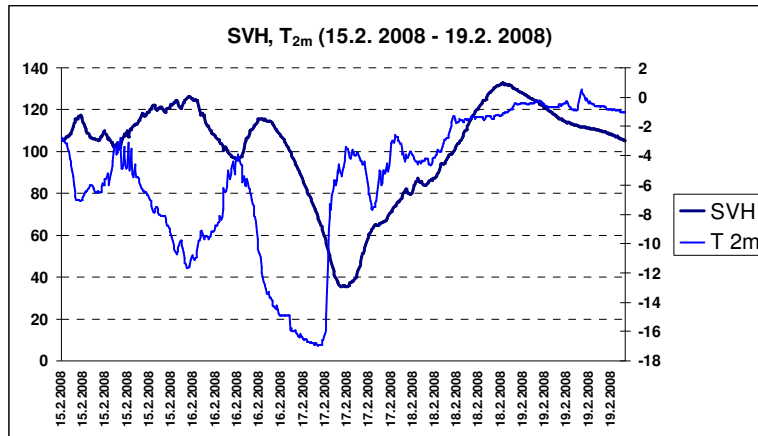
Obr. 2: Vodní hodnota sněhu (mm) a teplota(°C) náplně nemrzoucí směsi na stanici Desná-Souš (772 m n. m.).
 Fig. 2: Snow water equivalent and temperature of antifreeze liquid (Desná – Souš, 772 m a.s.l.).

Důležitým ukazatelem, který je vhodné sledovat, je teplota náplně nemrzoucí směsi (dále jen náplně) (obr. 2). V tomto případě se teplota náplně mění minimálně a osciluje $\pm 0,1^\circ\text{C}$ kolem hodnoty $-0,4^\circ\text{C}$.

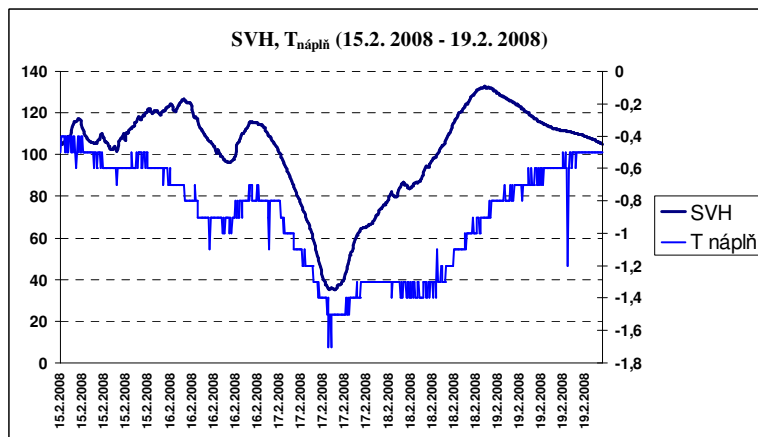
2) situace 15.2. – 19.2. 2008

Na obr. 3 a 4 je znázorněna situace, která nastala v téměř bezsrážkovém období ($< 5 \text{ mm}$) za záporných průměrných denních teplot. Na měřicí ploše ležela vrstva sněhu o průměrné výšce 22 cm (změna výšky se pohybovala $\pm 1 \text{ cm}$ v daném období).

V období 16.–17.2. klesla průměrná denní teplota na -17°C . Ve stejném období byl zaznamenán pokles SVH z průměrné hodnoty 110 mm na 35 mm, přestože nedošlo k tání. Chyba měření byla způsobena kombinací dvou faktorů. Prvním faktorem bylo vytvoření sněhového mostu, který způsobil změnu tlaku a roznesení váhy sněhové vrstvy do širšího okolí než je vymezená plocha stanice. Sněhový most byl vytvořen z několika tenkých ledových a firnových vrstev, které ve sněhové pokrývce vznikly při předcházejících teplotních výkyvech – oblevách (viz situace 15.-22.1., ale také 4.-6.2.) .



Obr. 3: Vodní hodnota sněhu (mm) a teplota vzduchu(°C) na stanici Desná-Souš (772 m n. m.).
 Fig. 3: Snow water equivalent and daily mean air temperature (Desná – Souš, 772 m a.s.l.).



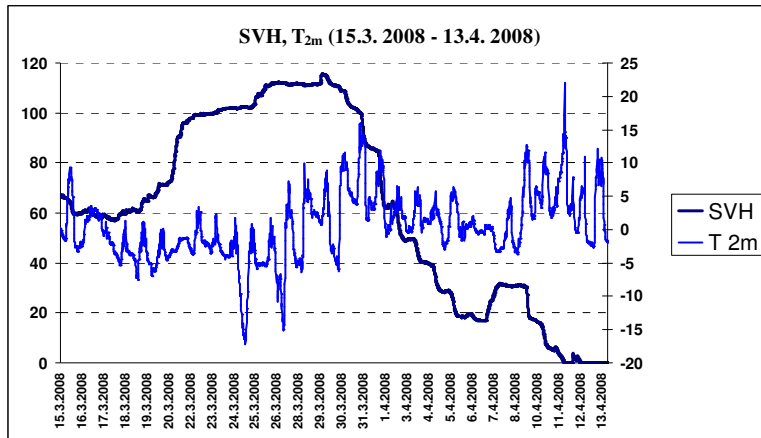
Obr. 4: Vodní hodnota sněhu (mm) a teplota (°C) náplně nemrznoucí směsi na stanici Desná-Souš (772 m n. m.).
 Fig. 4: Snow water equivalent and temperature of antifreeze liquid (Desná – Souš, 772 m a.s.l.).

Druhým faktorem byla změna teploty a následně objemu nemrznoucí směsi, ke které došlo mezi 15.-17.2. (obr. 4). Při malé výšce sněhové pokrývky dochází ke změně teploty náplně, v tomto případě k poklesu o 1°C v relativně krátkém čase. Zmenšení objemu náplně způsobí v kombinaci se sněhovou pokrývkou, ve které je vytvořen sněhový most, pokles tlaku. Situace byla porovnána s obdobnými případy v období bez sněhové pokrývky, kdy rovněž došlo k poklesu teploty náplně, ovšem nulová hodnota, na kterou je tlaková sonda kalibrována, zůstala nezměněna. Tyto případy také vyloučily možnou chybu teplotní kompenzace tlakového čidla, která je garantována výrobcem.

V okamžiku vzestupu průměrné denní teploty vzduchu nad 0°C došlo k narušení efektu sněhového mostu a společně se změnou teploty náplně (zvětšení objemu) k nárůstu SVH, která se přiblížila k počáteční hodnotě 110 mm.

3) situace 15.3. – 13.4. 2008

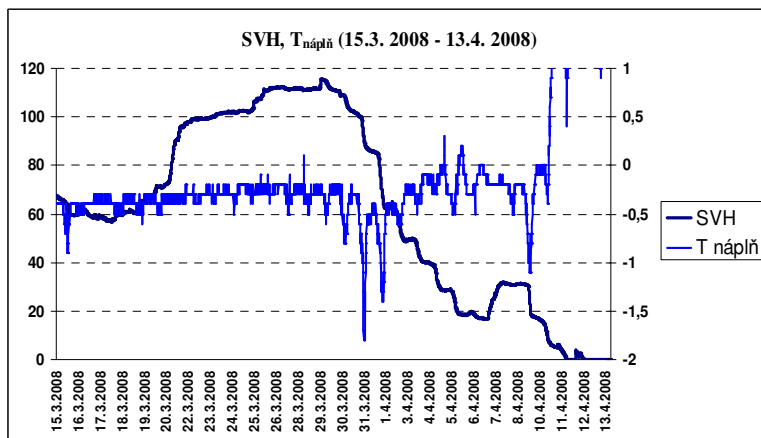
Na obrázku 5 a 6 je situace z tání na konci zimní sezóny 2007/2008. Stanice velmi přesně zaznamenala nárůst SVH v třetí dekádě měsíce března a následné tání – pokles SVH v průběhu prvních čtrnácti dnů měsíce dubna se zaznamenaným podružným nárůstem SVH mezi 7. – 9. dubnem.



Obr. 5: Vodní hodnota sněhu (mm) a teplota vzduchu(°C) na stanici Desná-Souš (772 m n. m.).
 Fig. 5: Snow water equivalent and daily mean air temperature (Desná – Souš, 772 m a.s.l.).

V období akumulace sněhové pokrývky (18.3. – 27.3.) se průměrná denní teplota pohybovala pod 0°C. Od 28.3. nastala fáze tání, kdy došlo v prvních dvou dnech k homogenizaci sněhové pokrývky a následně k odtoku, tedy k poklesu SVH (viz obr. 5).

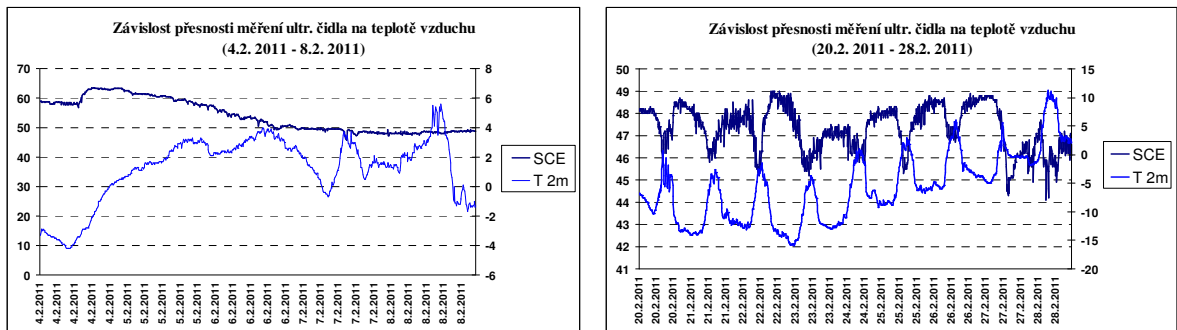
Jelikož po akumulační fázi ($T_{avg} < 0^{\circ}C$) plynule následovalo tání, nevytvořil se ve sněhové vrstvě efekt sněhového mostu. Tato situace je běžná ve vyšších nadmořských výškách, nebo také ve vyšších zeměpisných šířkách, kde akumulace sněhové pokrývky probíhá téměř po celou zimní sezónu za záporných teplot vzduchu a poté následuje fáze tání. Výše popsané faktory tak ovlivňují automatické měření SVH daleko méně a je dosahováno lepších výsledků.



Obr. 6: Vodní hodnota sněhu (mm) a teplota (°C) náplně nemrznoucí směsi na stanici Desná-Souš (772 m n. m.).
 Fig. 6: Snow water equivalent and temperature of antifreeze liquid (Desná – Souš, 772 m a.s.l.).

4) situace – závislost přesnosti měření ultr. čidla na teplotě vzduchu (únor 2011)

Mezi technické faktory, které ovlivňují přesnost měření, řadíme kvalitu použitých přístrojů (čidel). Na obr. 7 jsou dva příklady výstupu měření výšky sněhové pokrývky pomocí ultrazvukového čidla.



Obr. 7: Porovnání dvou situací závislosti přesnosti měření ultr. čidla na teplotě vzduchu (°C) a oslunění (Benešky, 845 m n. m.).

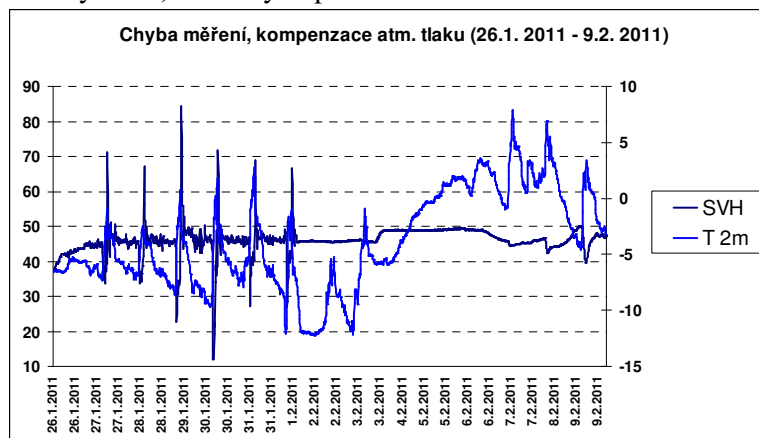
Fig. 7: Comparison of two examples. The influence of air temperature and solar radiation on ultrasonic sensor (Benešky, 845 m a.s.l.).

Na levém obrázku je vidět normální průběh měřené veličiny. Sesedání sněhové pokrývky vlivem oteplení, její homogenizace a následně setrvalá výška sněhu. Průměrná teplota vzduchu nevykazovala výraznou denní amplitudu (zatažená obloha).

Na pravém obrázku je vidět závislost měřené veličiny na teplotě vzduchu. Teplota vzduchu v tomto období vykazovala výraznou denní amplitudu (rozsah přibližně 10°C). To bylo způsobeno jasným počasím. Ultrazvukové čidlo nebylo ovšem ovlivněno přímo teplotou vzduchu, ale slunečním zářením, které při nedostatečném radiačním krytu čidla ohřívalo jeho povrch. Teplotní čidlo, které je součástí, následně vyhodnotilo teplotu vzduchu jako vyšší, než byla skutečná. Do rovnice, která slouží k určení dráhy, kterou zvuk za změřený čas projde, byla tedy přiřazena vyšší rychlost na základě předpokladu vyšší (měřené) teploty vzduchu.

5) situace – chyba měření, chybně umístěná kompenzace atmosférického tlaku u tlakového čidla (leden – únor 2011)

Technickým faktorem ovlivňujícím přesnost měření je špatná instalace použitých přístrojů. Na obr. 8 je výstup ze stanice Benešky, kdy došlo k zaznamenání prudkého nárůstu a poklesu SVH (měřené veličiny tlaku) v krátkých periodách.



Obr. 8: Kolísání SVH (mm) jako důsledek chybně umístěné kompenzace atmosférického tlaku (Benešky 845 m n. m.).

Fig. 8: Fluctuating of SWE as a result of inaccurately measured air pressure used in hydrostatic pressure sensor unit. (Benešky, 845 m a.s.l.).

Na vině byla chybně umístěná kompenzace atmosférického tlaku, která je součástí tlakového čidla. Tlakové čidlo, aby správně vyhodnotilo měřený hydrostatický tlak, musí na „vzdušné“

straně membrány komunikovat s atmosférickým tlakem (reagovat na jeho změny). V tomto případě byla kompenzační hadička vyústěna do přístrojové skříně a vlivem změny teploty vzduchu, reagovala na tlakové změny vzduchu uvnitř (objemové změny vzduchu v závislosti na teplotě). Výrobce v tomto případě nepředpokládal téměř dokonalou vzduchotěsnost a tedy že nedojde k vyrovnání atmosférického tlaku vně a uvnitř přístrojové skříně.

Resume

The paper summarizes the experiences working with automatic snow stations within the CHMI station network in the last 4 years. The stations are based on the monitoring by hydrostatic pressure measurements. It is focused on the main factors (environmental and technical) that affect the accuracy of the snow water equivalent (SWE) measurements. On the sample situations are described strengths and weaknesses of this technique. Some technical problems as with ultrasonic and pressure sensor are also described.

Literatura

- CEN – European Committee for Standardization (2009) Technical report - Measurement of Snow Water Equivalent using Snow Mass Registration Devices (Draft), 16 s.
- Jiráček, J. (2007) Testování a provoz automatických stanic pro měření výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky. In: Sborník Stretnutie snehárov 2007, Telgárt, 4 s.
- Jiráček, J. (2007) Czech snow pillow prototype. Workshop of WG CEN TC 318 („SWE Work Group“), Malta, 4 s.
- L. Egli, T. Jonas, R. Meister (2009) Comparison of different automatic methods for estimating snow water equivalent. Cold Regions Science and Technology 57, 107 -115.
- J.B.Johnson, G.L. Schaefer (2002) The influence of thermal, hydrologic and snow deformation mechanisms on snow water equivalent pressure sensor accuracy. Hydrological Process. 16, 3529-3542.
- Závěrečné zprávy 2007, 2008, 2009 Projekt SP/1c4/16/07 „Výzkum a implementace nových nástrojů pro předpovědi povodní a odtoku v rámci zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby v ČR“. ČHMÚ.

SROVNÁNÍ INTERPOLAČNÍCH METOD Z HLEDISKA KVALITY PŘEDPOVĚDI VÝŠKY A VODNÍ HODNOTY SNĚHU V NEZNÁMÝCH BODECH

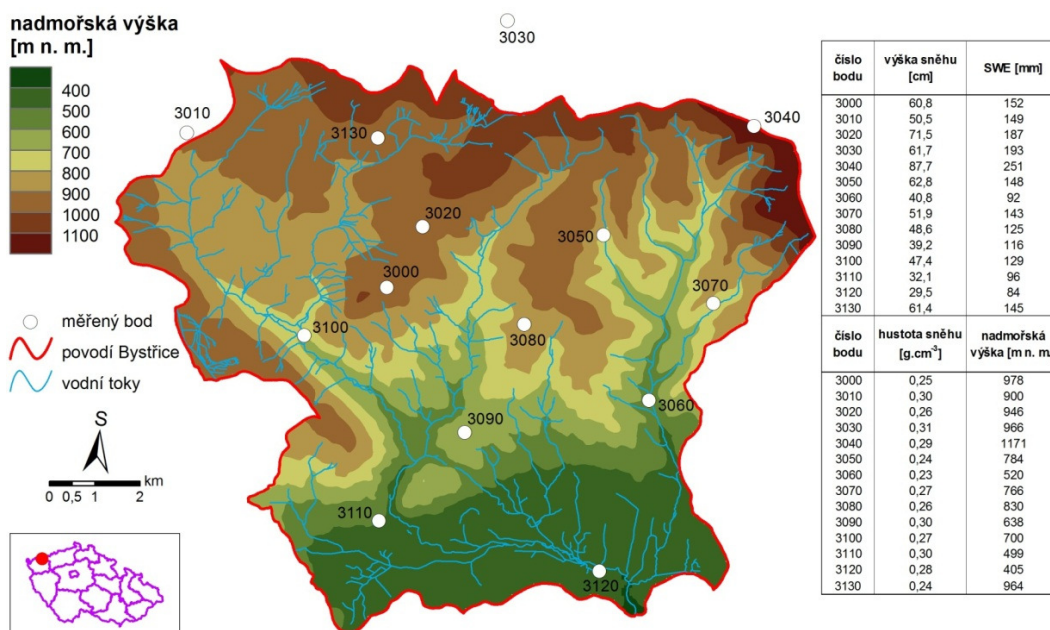
Dana Kučerová, Michal Jeníček

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie
e-mail: kucdan@seznam.cz, jenicek@natur.cuni.cz

ÚVOD

Z hlediska hydrologické prognózy je důležitá znalost objemu vody akumulované ve sněhové pokrývce v daném povodí, přičemž její odhad se provádí s využitím bodových dat vodní hodnoty sněhu poskytnutých ze staniční sítě, popřípadě terénním průzkumem. Takto získaná bodová data je třeba převést do plochy, k čemuž se využívá interpolačních metod.

V oblasti Krušných hor je již několikátou sezónu prováděn Katedrou fyzické geografie a geoekologie terénní sběr charakteristik sněhové pokrývky ve vybraných experimentálních povodích. Pro potřebu dalších analýz proto bylo nutné bodová data výšky a vodní hodnoty sněhu převést do plochy tak, aby se výsledné prostorové rozložení daných proměnných co nejvíce blížilo realitě. Z uvedeného důvodu bylo cílem nalézt interpolační metody, které by v neznámých bodech predikovaly reálné hodnoty závislé proměnné (výšky sněhu, respektive vodní hodnoty sněhu), tedy poskytly nejkvalitnější předpovědní schopnost. Vybrány byly interpolační metody obsažené v programu ArcGIS 9.3 (Geostatistical Analyst), který je na katedře k dispozici, a dále metody, jež bylo možné s jeho pomocí zpracovat. Z experimentálních povodí bylo zvoleno povodí Bystřice po profil Ostrov (127,6 km²), které se vyznačuje velkým výškovým rozpětím (394 – 1244 m n. m.), díky čemuž je zde i jasně patrný vliv nadmořské výšky na výšku sněhu a vodní hodnotu sněhu (obr. 1).



Obr. 1 Sněhoměrné profily v povodí Bystřice s údajem o průměrné hodnotě výšky sněhu a SWE, o hodnotě hustoty sněhu a nadmořské výšky (DMÚ 25, VÚV T. G. M., 2009)

Fig. 1 Snow profiles in the Bystřice River basin, average snow depth, SWE, snow density and altitude (DMÚ 25, VÚV T. G. M., 2009)

DATA A METODY

Měření charakteristik sněhové pokrývky v povodí Bystřice proběhlo na čtrnácti vytipovaných profilech (obr. 1), které byly zvoleny tak, aby rovnoměrně pokrývaly povodí Bystřice a zároveň reprezentovaly výšková pásma určená vrstevnicemi po sto metrech. Stometrové profily vedoucí po vrstevnici byly dále rozděleny deseti body, na kterých byla změřena výška sněhu, přičemž na prvním, pátém a posledním bodě byla ještě změřena vodní hodnota sněhu (SWE). Takto získaná data byla zprůměrována s cílem odvození právě jedné hodnoty výšky sněhu a jedné hodnoty SWE pro každý profil. V předkládaném článku byl analyzován datový soubor výšky a vodní hodnoty sněhu ze dne 17. 2. 2010 (viz tabulka na obr. 1).

Bodová data výšky a vodní hodnoty sněhu byla převedena do plochy pomocí devíti vybraných interpolačních metod (tab. 1). K tomu byl využit program ArcGIS 9.3 firmy ESRI, kdy výsledné gridy rozložení dané proměnné byly v rozlišení 60 x 60 metrů. V případě metod zahrnutých do programu ArcGIS (Geostatistical Analyst) bylo možné při nastavení jejich parametrů využít křížové validace s cílem získat pomocí ní co nejlepších výsledků.

Interpolační metody		Nezávislá proměnná
Deterministické (Lokální)	Thiessenovy polygony	
	Inverse distance weighting (IDW)	
	Globální polynom	
	Lokální polynom	
	Radial basis function (RBF)	
Geostatistické	Ordinary kriging (OK)	
	Cokriging	Nadmořská výška
	Residual kriging (RK)	Nadmořská výška
Globální	Lineární regrese	Nadmořská výška

Tab. 1 Interpolační metody využití v práci s uvedením nezávislé proměnné, kterou zvažují při výpočtu výšky sněhu a SWE

Tab. 1 Interpolation methods used in the work with introduction of independent variable using in calculation of snow depth and SWE

Předpovědní schopnost interpolačních metod v neznámých bodech byla následně zhodnocena pomocí křížové validace, vizuálního srovnání predikovaných map a porovnání predikované průměrné, maximální a minimální výšky sněhu a vodní hodnoty sněhu.

Křížová validace spočívá v postupném vynechání jednotlivých vstupních bodů, kdy hodnota v místě vynechaného bodu je vypočtena ze zbylých dat (Erxleben et al., 2002). Originální a křížovou validací odvozený soubor dat (tab. 2) byl následně hodnocen pomocí vybraných parametrů - koeficientu determinace (R^2) (Zvára, 2003), mean-squared error (MSE) (Goovaerts, 2000), mean error (ME), označované také jako mean bias error (MBE), root mean-squared error (RMSE), mean absolute error (MAE) a Willmott's D (Willmott, 1982).

Koeficient determinace se často udává v procentech, neboť udává relativní velikost variability závislé proměnné, kterou se uvažovanou závislostí, tedy regresní rovnicí, podařilo vysvětlit (Zvára, 2003). Parametr ME by měl být v ideálním modelu roven nule. Čím menších hodnot nabývají parametry MSE, MAE a RMSE, tím je interpolátor považován za přesnější (Erxleben et al., 2002). Willmott's D neboli index shody nabývá hodnot od nuly do jedné, přičemž čím více se výsledná hodnota blíží jedné, tím přesněji model předpovídá (Willmott, 1981). Hodnoty blízké nule naopak značí, že průměrná hodnota vypočtená z pozorovaných hodnot poskytuje spolehlivější předpověď než samotná předpověď (Greenwood et al., 1985 in Vicente-Serrano et al., 2003).

VÝSLEDKY

Křížová validace

Přes 70 % z celkové variability závislé proměnné – výšky sněhu dokázaly vysvětlit interpolační metody cokriging, OK, RK a lineární regrese (tab. 2). V případě vodní hodnoty sněhu dosáhly 70% koeficientu determinace (R^2) pouze poslední dvě zmíněné metody, přičemž u všech metod došlo k poklesu procentuálního vysvětlení variability závislé proměnné. Navíc hodnoty parametrů MSE, RMSE a MAE přesáhly až desetinásobně hodnoty vypočtené pro datový soubor výšky sněhu. Přesto se výsledné pořadí metod sestavené na základě jejich předpovědní kvality příliš neliší (tab. 3). Z uvedených výsledků lze vyvodit, že předpovědní schopnost interpolačních metod závisí na vstupních datech, a proto nelze zcela jednoznačně určit nejvhodnější metodu pro predikci hodnot klimatických proměnných v neznámých bodech. Při interpolaci klimatických dat je tedy nutné vyzkoušet více metod a zvolit tu, která bude v rámci křížové validace hodnocena nejlépe. Nicméně je zřejmé, že některé metody budou obecně poskytovat méně kvalitní předpověď.

	Výška sněhu [cm]						SWE [mm]					
	R^2	ME	MSE	RMSE	MAE	Index shody	R^2	ME	MSE	RMSE	MAE	Index shody
Thiessen. p.	0,197	-1,86	201,95	14,21	12,16	0,58	0,111	4,14	1823,71	42,70	34,29	0,46
IDW	0,477	-1,55	134,08	11,58	9,09	0,71	0,272	1,63	1368,68	37,00	26,96	0,53
Globální pol.	0,506	-0,30	119,24	10,92	8,51	0,83	0,495	0,90	964,40	31,05	24,47	0,82
Lokální pol.	0,634	1,60	89,43	9,46	6,47	0,88	0,598	3,60	758,47	27,54	19,95	0,86
RBF	0,664	0,11	78,85	8,88	5,84	0,90	0,631	4,51	718,47	26,80	20,29	0,88
OK	0,765	-0,60	54,63	7,39	5,24	0,93	0,623	1,02	696,12	26,38	17,78	0,86
Cokriging	0,732	-0,65	65,45	8,09	5,84	0,92	0,652	-0,38	648,55	25,47	18,84	0,89
RK	0,771	-0,88	57,42	7,58	6,39	0,93	0,711	1,02	539,68	23,23	19,65	0,91
Lineární reg.	0,785	0,68	50,19	7,08	5,86	0,94	0,725	1,66	510,98	22,60	17,26	0,92

Tab. 2 Parametry hodnotící interpolační metody z hlediska kvality předpovědi závislé proměnné (výška sněhu, resp. SWE) v neznámých bodech

Tab. 2 Parameters evaluating interpolation methods in term of their prediction quality of dependent variable (snow depth or SWE, respectively) in unknown points

Důležité je zmínit, že do celkového hodnocení předpovědní schopnosti interpolačních metod nebyl brán v potaz parametr ME, neboť jeho využití je sporné. Nemusí totiž zachytit významné rozdíly mezi změřenými a predikovanými hodnotami v případě, že se vyruší následným součtem.

Z výsledného pořadí pak vyplývá, že interpolační metody ze skupiny geostatistických a globálních metod poskytly kvalitnější předpověď než interpolační metody ze skupiny deterministických metod (tab. 3). V případě interpolace SWE se navíc do popředí dostaly metody využívající k odvození závislé proměnné nezávislou proměnnou.

Pořadí interpolačních metod dle jejich předpovědní kvality									
	Thiessen. polygony	IDW	Globální polynom	Lokální polynom	RBF	OK	Cokriging	RK	Lineární regrese
Pro výšku sněhu	9	8	7	6	5	2	4	3	1
Pro SWE	9	8	7	6	5	4	3	2	1

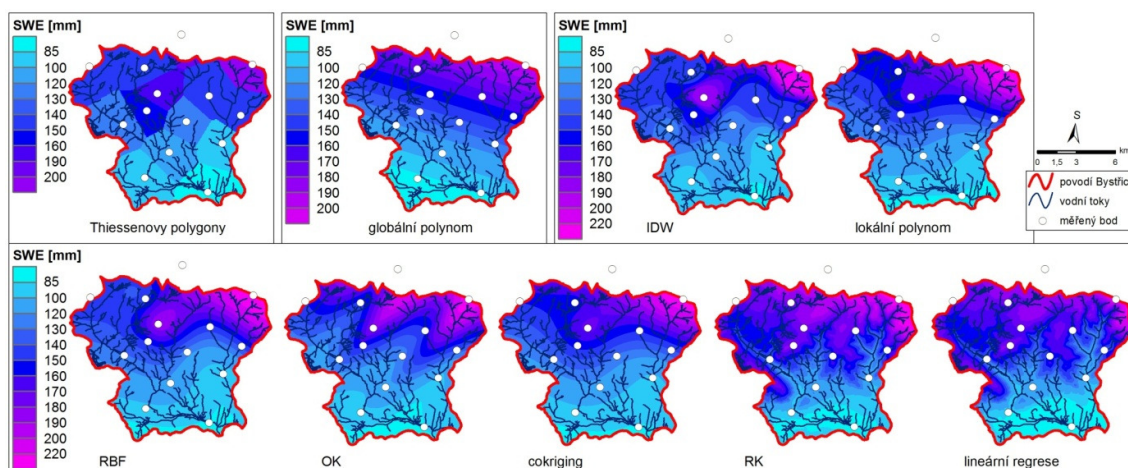
Tab. 3 Pořadí interpolačních metod dle jejich předpovědní kvality v závislosti na hodnoceném souboru dat (výška sněhu, nebo SWE)

Tab. 3 Ranking of interpolation methods according to their prediction quality in dependence on used data set (snow depth or SWE)

Mapy prostorového rozložení SWE

Výsledkem interpolací bylo 9 rozdílných rozložení výšky sněhu a stejně tak vodní hodnoty sněhu. Dále bude z důvodu podobných závěrů hodnoceno pouze rozložení vodní hodnoty sněhu.

Nedostatkem interpolační metody Thiessenovy polygony je nekontinuální změna SWE v prostoru, která se na hranicích jednotlivých polygonů mění skokově (obr. 2). U metody globálního polynomu je tento nedostatek odstraněn, ale zůstává zde problém s lineárním přímkovým rozložením SWE, pomocí kterého nelze zachytit lokální variace. Pro metodu IDW je naopak příznačné vytváření „ok“ kolem vstupních bodů, tzv. bull eyes.



Obr. 2 Rozložení SWE v povodí Bystrice (17. 2. 2010), vytvořeno vybranými interpolačními metodami
Fig. 2 Distribution of SWE in the Bystrice River basin (17. 2. 2010), created by means of selected interpolation methods

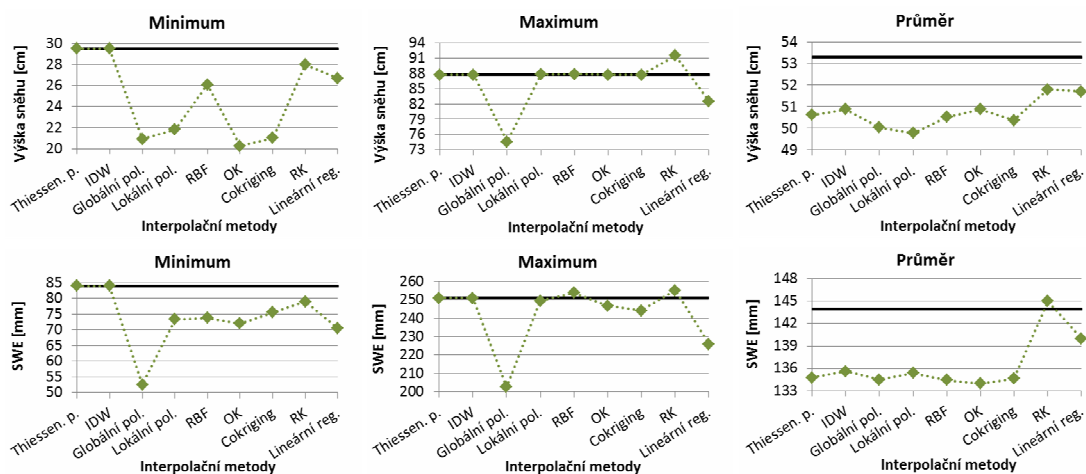
Uvedeným nedostatkům lze předejít využitím ostatních metod (obr. 2). Lokální polynommická metoda, RBF a cokriging poskytly obdobná rozložení SWE. V případě metody OK jsou intervaly o dané SWE výrazně zvlněny, což je způsobeno snahou zachytit průběh údolí a hřbetů, kde se procesy akumulace a tání sněhu odlišují. Nejlépe pak vliv údolí, která se v povodí Bystrice zařezávají až 250 m do původního terénu (Škvor, 1973), dokázaly zachytit metody lineární regrese a RK (obr. 2), které při výpočtu hodnoty závislé proměnné v neznámém bodě uvažují znalost orografických poměrů povodí. Metoda cokrigingu na rozdíl od RK a lineární regrese využívá znalosti nadmořské výšky pouze ve vstupních bodech, v tomto případě ve 14 bodech. Tak malý počet výškových bodů pak zřejmě nedokázal adekvátním způsobem popsat orografické poměry povodí, vlivem čehož nebyla predikce prostorového rozložení SWE výrazně zlepšena.

Jelikož pomocí zvolené sítě sněhoměrných profilů nebyly orografické poměry povodí dostatečně zachyceny, predikovala většina interpolačních metod pokles SWE od severovýchodu povodí směrem na západ a jih. Pouze metody RK a lineární regrese (obr. 2) dokázaly postihnout vliv náhorních plošin situovaných na západ od nejzápadněji změřeného bodu 3100 (obr. 1) na SWE. Uvedený bod byl totiž umístěn v údolí řeky Bystrice o 200 až 300 m níž než okolní vyvýšené oblasti, a lze zde proto předpokládat nižší SWE. SWE pak dle metod RK a lineární regrese klesá od severu k jihu povodí s lokálními poklesy v oblasti údolí.

Při využití metod nezahrnujících do výpočtu SWE nadmořskou výšku by proto bylo třeba využít hustší síť vstupních bodů, která by variabilitu SWE způsobenou orografií dokázala lépe charakterizovat.

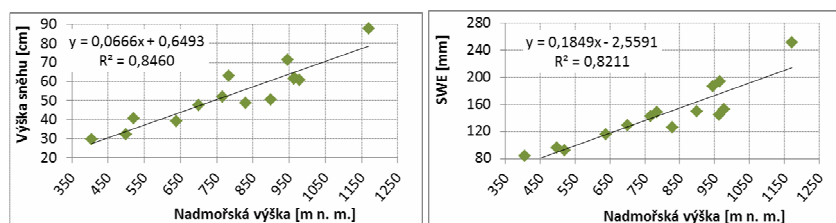
Srovnání interpolačních metod z hlediska predikce minimální, maximální a průměrné hodnoty výšky sněhu a vodní hodnoty sněhu

Z hlediska odhadu objemu vody akumulované ve sněhové pokrývce v povodí je důležitá znalost průměrné vodní hodnoty sněhu. Na její hodnotě se přitom shodla většina metod. Výjimkou byly metody RK a lineární regrese, které z důvodu predikce vyšších hodnot SWE při západním okraji povodí předpověděly i vyšší průměrnou SWE. Rozdíl mezi průměrnou SWE poskytnutou metodou RK a lineární regrese je pak zřejmě výsledkem způsobu proložení lineární přímkou vstupními daty, která slouží pro výpočet hodnot závislé proměnné v neznámých bodech (obr. 4). Při proložení přímkou nebyl zachycen výrazně odlehlý bod maximální SWE, což v případě lineární regrese znamenalo podhodnocení SWE ve vyšších nadmořských výškách. Pro metodu RK to mělo efekt opačný, jelikož regresní přímkou zde představuje globální trend, který je odečten od vstupních dat. Takto získané odchylky jsou následně interpolovány a k výsledné interpolaci je opětovně přičten globální trend. Ve vyšších nadmořských výškách proto byly interpolovány vyšší odchylky, což zde vedlo k mírným nadhodnocením výsledných hodnot. Rozdíl v predikci průměrné SWE pomocí dvou uvedených metod může mít samozřejmě ještě další odůvodnění. Nicméně se tyto metody, křížovou validací hodnocené jako nejlepší, přiblížily nejvíce průměrné SWE vypočtené ze vstupních dat. To by mohlo vést k závěru, že výběr profilů v případě rozložení SWE v povodí byl poměrně reprezentativní.



Obr. 3 Srovnání jednotlivých interpolačních metod z hlediska predikce extrémních hodnot (minima a maxima) a průměrné hodnoty výšky sněhu, resp. SWE, plná čára představuje minimální, maximální nebo průměrnou hodnotu vypočtenou ze vstupních dat

Fig. 3 Comparison of interpolation methods in term of their prediction of extreme values (minimal and maximal) and average value of the snow depth and SWE, solid line represents minimal, maximal or average value derived from the input data set



Obr. 4 Závislost výšky sněhu a SWE na nadmořské výšce s uvedenou lineární regresní rovnicí a koeficientem determinace (R^2)

Fig. 4 Dependence of snow depth and SWE on altitude with introduce of linear regression equation and coefficient of determination (R^2)

V závislosti na použité metodě činil rozdíl v objemu vody zadržené ve sněhové pokrývce až 1,406 mil. m³ (tab. 4). Podle charakteru tání se pak navýšení zásob vody v povodí projeví v jeho závěrovém profilu buď prodloužením základny povodňové vlny, či naopak navýšením její kulminace. Z uvedeného důvodu je proto zvláště v povodích s výrazným výškovým rozpětím důležitá znalost nejen průměrné SWE, ale rovněž znalost její prostorové distribuce, jelikož v jednotlivých výškových pásmech dochází k rozdílné dynamice tání sněhu.

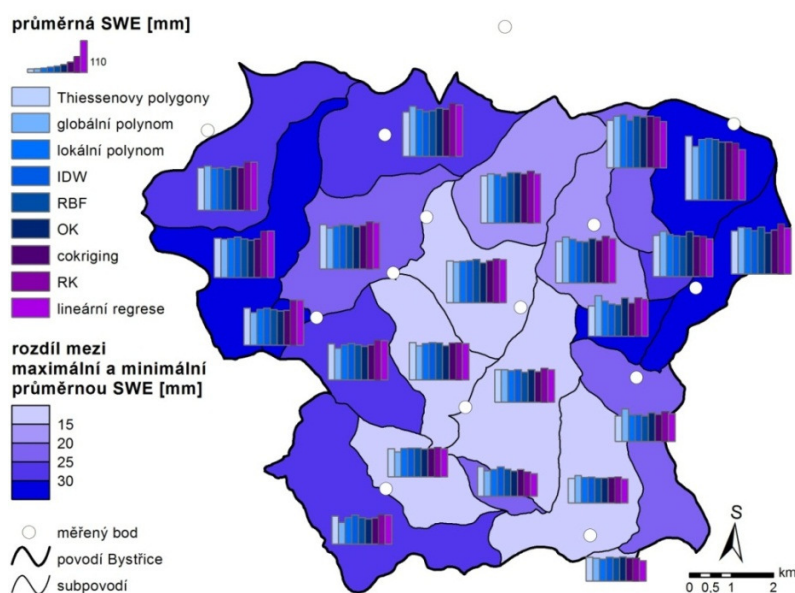
	Thiessen. polygony	IDW	Globální polynom	Lokální polynom	RBF	OK	Cokriging	RK	Lineární regrese
Průměrná SWE [mm]	135	136	134	135	134	134	135	145	140
Objem vody [mil. m ³]	17,192	17,299	17,155	17,271	17,149	17,090	17,173	18,496	17,859

Tab. 4 Průměrná SWE v povodí Bystřice a objem vody zde akumulovaný ve sněhové pokrývce v závislosti na využití interpolační metodě

Tab. 4 Average SWE in the Bystřice River basin and the volume of water accumulated in the snowpack in dependence on used interpolation methods

Největší rozdíl v predikci průměrné SWE byl dosažen v rámci okrajových subpovodích povodí Bystřice (obr. 5). Při severovýchodním okraji povodí to bylo způsobeno nevhodným umístěním bodu v zaříznutém údolí řeky Bystřice. Ve vrcholové oblasti na severozápadě povodí je výrazný rozdíl v predikované průměrné SWE výsledkem proložení lineární přímky vstupními daty, která nedokázala zachytit výrazně odlehlý bod maximální SWE.

Z uvedených závěrů lze vyvodit, že výsledky interpolačních metod se liší méně v subpovodích, kde je dostatečný počet reprezentativně umístěných bodů zohledňujících fyzicko-geografickou charakteristiku subpovodí s přesahem za jeho hranice. Při využití metod využívající lineární globální trend je rovněž důležité vyvarovat se výrazně odlehlým bodům.



Obr. 5 Průměrná SWE pro jednotlivá subpovodí v povodí Bystřice v závislosti na použité interpolační metodě a rozdíl mezi její maximální a minimální predikovanou hodnotou

Fig. 5 Average SWE for the particular sub-basins of the Bystřice River basin in dependence on used interpolation methods and difference between its maximal and minimal predicted value

DISKUSE A ZÁVĚRY

Nejlepší předpověď prostorového rozložení výšky a vodní hodnoty sněhu poskytly globální a geostatistické interpolační metody. Tím byl potvrzen závěr řady odborných studií, podle nichž uvedené metody dosahují ve srovnání s deterministickými metodami při interpolaci klimatických proměnných obecně lepší předpovědní kvality (Balk, Elder, 2000, Erxleben et al., 2002, Goovaertse, 2000, Haberlandt, 2007, Lloyd, 2005, López-Moreno, Nogués-Bravo, 2006, Vicente-Serrana et al., 2003), kterou lze zvýšit zahrnutím jedné, či více nezávislých proměnných do výpočtu závislé proměnné. Nalezením nezávislých proměnných ovlivňujících akumulaci a tání sněhu je proto důležité pro zpřesnění prostorového rozložení sněhové pokrývky v povodí.

V důsledku rozdílné fyzicko-geografické charakteristiky jednotlivých povodí však není možné nalézt právě jednu interpolační metodu a sadu nezávislých proměnných, díky nimž by se výsledné rozložení sněhu co nejvíce blížilo realitě. Výběr vhodné metody a sady nezávislých proměnných proto bude nutné provést pro dané povodí samostatným výzkumem. Na základě zjištěných výsledků je však zřejmé, že některé interpolační metody obecně poskytují lepší předpovědní schopnost. Rovněž lze předpokládat, že v povodích s obdobnou fyzicko-geografickou charakteristikou bude výběr interpolační metody a sady nezávislých proměnných obdobný.

Prostorové rozložení SWE v povodí představuje jeden ze vstupů, který významným způsobem ovlivňuje hydrologickou prognózu na tocích, jejichž hlavním zdrojem vodnosti je v jarním období odtávající sněhová pokrývky. V závislosti na kvalitě jeho předpovědi je pak možné lépe se připravit na hrozící povodňová rizika.

PODĚKOVÁNÍ

Vytvořeno za podpory Výzkumného záměru MSM 0021620831 "Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace" a projektu GA UK 112110 "Modelování odtoku ze sněhové pokrývky pro potřeby zpřesnění předpovědi povodní".

RESUMÉ

The knowledge of the water volume stored in the snowpack and its spatial distribution in the basin is very important for hydrological forecasting. It is necessary to convert point data of the snow water equivalent into the surface.

In this paper the data of snow water equivalent and snow depth were experimentally measured at 14 points in the Bystřice River basin (127.6 km²) situated in the NW of the Czech Republic. The data were converted into the surface by means of several experimental methods selected from the group of deterministic, geostatistical and global methods. The independent variable (altitude) was used in some of the methods. The prediction quality of selected methods in unknown points was evaluated by means of cross validation. Visual comparison of the resulting distribution and evaluation of the differences in prediction of minimum, maximum and average values of the snow depth and the snow water equivalent were carried out. The best prediction quality in unknown point was achieved by means of global and geostatistical interpolation methods including the independent variable. Lowest differences between predictions of snow water equivalent or snow depth averages were achieved in sub-basins

situated in the center part of the Bystřice River basin, where the network of measured points sufficiently reflected the physical-geographic characteristics.

LITERATURA

- BALK B., ELDER K., 2000: Combining binary decision tree and geostatistical methods to estimate snow distribution in a mountain watershed. *Water Resources Research*, 36, 13-26.
- DMÚ 25, Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad (VGHMÚř), Geografická služba Armáda České republiky
- ERXLEBEN J., ELDER K., DAVIS R., 2002: Comparison of spatial interpolation methods for estimating snow distribution in the Colorado Rocky Mountains. *Hydrological Processes*, 16, 3627-3649.
- GOOVAERTS P., 2000: Geostatistical approaches for incorporating elevation in to the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228, 113-129.
- HABERLANDT V., 2007: Geostatistical interpolation of hourly precipitation from rain gauges and radar for a large-scale extreme rainfall event. *Journal of Hydrology*, 332, 144-157.
- LÓPEZ-MORENO J. I., NOGUÉS-BRAVO D., 2006: Interpolating local snow depth data: an elevation of methods. *Hydrological Processes*, 20, 2217-2232.
- LLOYD C. D., 2005: Assessing the effect of integrating elevation data into the estimation of monthly precipitation in Great Britain. *Journal of Hydrology*, 308, 128-150.
- VICENTE-SERRANO S. M., SAZ-SÁNCHEZ M. A., CUDRAT J. M., 2003: Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): application to annual precipitation and temperature. *Climate Research*, 24, 161-180.
- VÚV T. G. M., 2009: Digitální báze vodohospodářských dat DIBAVOD [online]. <<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>>
- WILLMOTT C. J., 1981: On the validation of models. *Physical Geography*, 2, 184-194.
- WILLMOTT C. J., 1982: Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63, 11, 1309-1313.
- ZVÁRA K., 2003: *Biostatistika*. Karolinum, Praha, 213.

DESAŤROČIE GLOBÁLNYCH POZOROVANÍ SNEHOVEJ POKRÝVKY POMOCOU SATELITNÝCH SNÍMKOV MODIS

Juraj Parajka

Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management, Vienna University of Technology,
Vienna, Austria; Ústav hydrologie SAV

Stretnutie snehárov 2011, Žiarska dolina, 23-25.marec

Cieľ

- Zhrnutie prác a poznatkov o mapovaní snehovej pokrývky pomocou MODIS
 - Presnosť mapovania
 - Vplyv oblačnosti a metódy jej redukcie
 - Použitie MODIS v hydrologických aplikáciách



Stretnutie snehárov 2011, Žiarska dolina, 23-25.marec

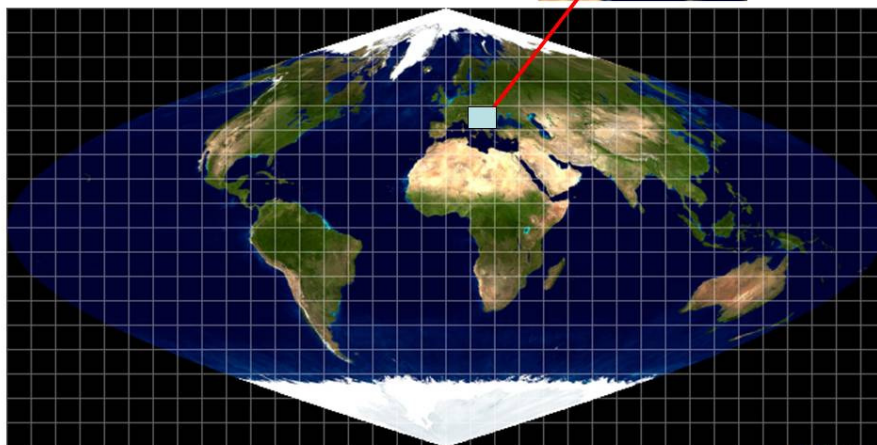
MODIS pokrytie územia snehom:

Poskytovateľ:	NSIDC (www.nsidc.org)
Snímač:	optické pásmo, 2 satelity-Terra, Aqua
Rozsah:	globálne pokrytie, február 2000 (Terra), júl 2002 (Aqua)
Rozlíšenie:	denne, 500m
Cena:	Voľne dostupné
Obmedzenie:	nie vodná hodnota snehu, oblačnosť

Produkty MODIS :

MODIS Dataset	Terra	Aqua
5-Min L2 Swath 500m	MOD10_L2	MYD10_L2
Daily L3 Global 500m Sinusoidal Grid	MOD10A1	MYD10A1
8-Day L3 Global 500m Sinusoidal Grid	MOD10A2	MYD10A2
Daily L3 Global 0.05Deg CMG	MOD10C1	MYD10C1
8-Day L3 Global 0.05Deg CMG	MOD10C2	MYD10C2
Monthly L3 Global 0.05Deg CMG	MOD10CM	MYD10CM

Slovensko: #XXXh19v04



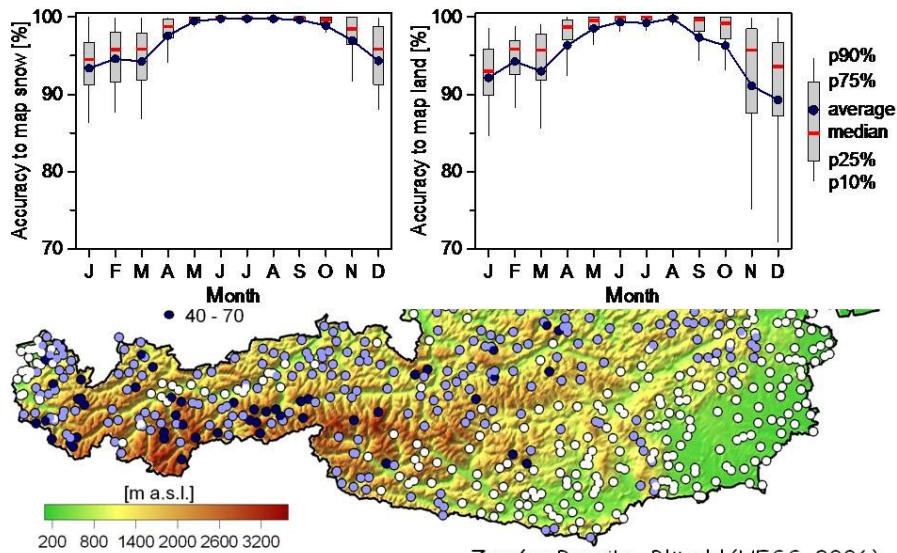
Validácia presnosti MODIS

- Porovnanie s inými satelitnými produktmi (NOHSRC, SSM/I, ...) a meraním výšky snehovej pokrývky na staniciach
- ~ 24 prác (17 Sev. Amerika, 5 Čína, Turecko, Rakúsko)
- Presnosť: 85-99%, MOD10A1=viac ako 94%

MODIS dokumentácia: "...the maximum expected errors are 15% for forests, 10% for mixed agriculture and forest, and 5% for other land covers. The maximum monthly errors are expected to range from 5 - 9% for North America, and from 5 - 10% for Eurasia



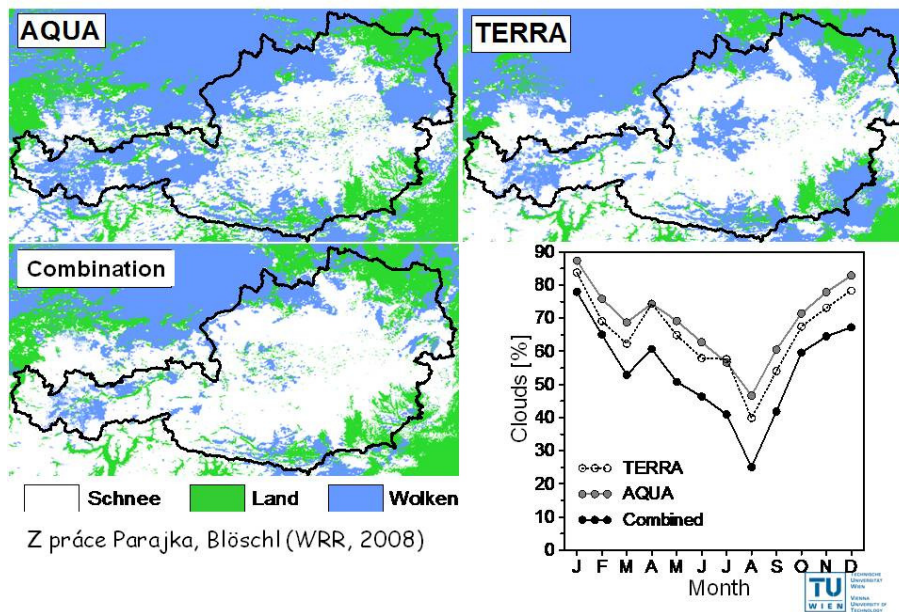
Presnosť mapovania pre Rakúsko

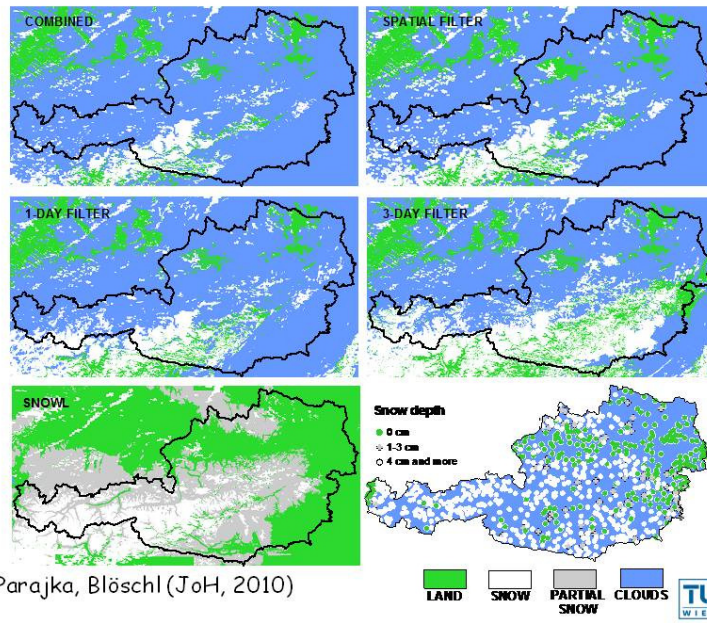


Z práce Parajka, Blöschl (HESS, 2006)

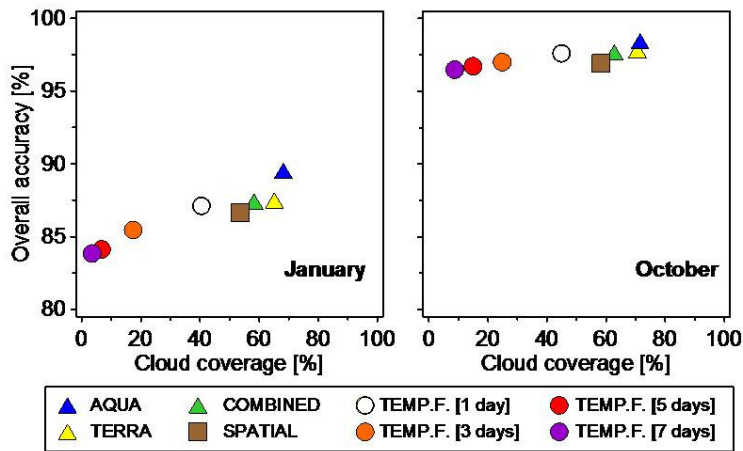
Redukcia vplyvu oblačnosti

- Oblačnosť: 40-80% (v závislosti na regióne a sezóne)
- Metódy na redukciu:
 - Modifikácia algoritmu mapovania snehu (regionálne možné malé vylepšenie, ale oblačnosť je reálna!)
 - Filtrovacie metódy (kombinácia Aqua+Terra, časový, priestorový filter, snehová čiara, kombinácia senzorov a metód)



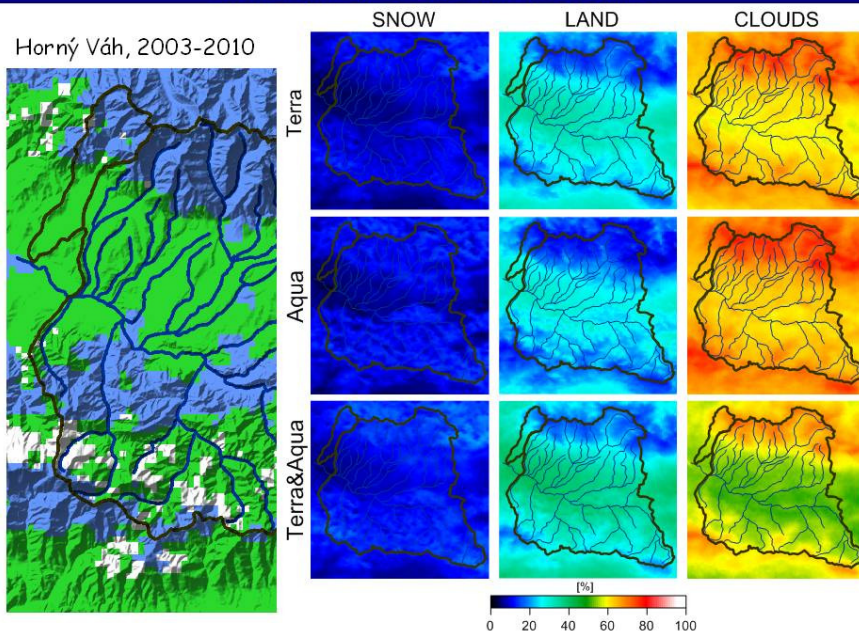


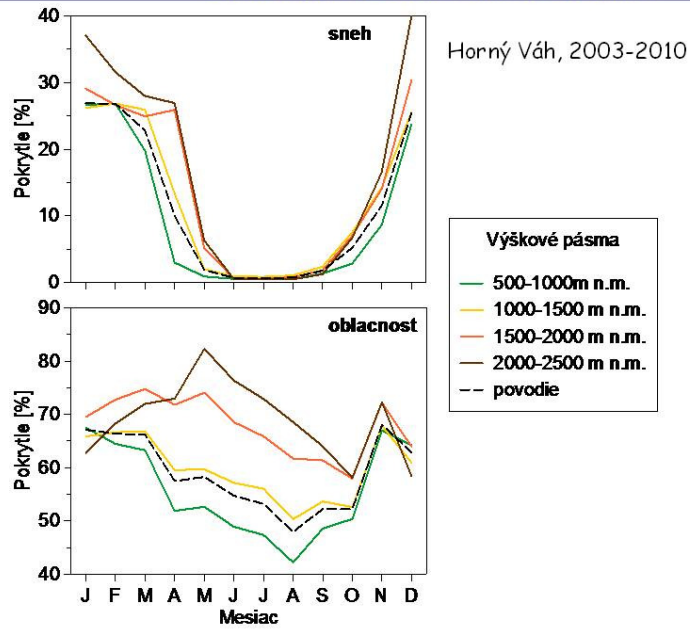
Trade-off: presnosť vs. oblačnosť



Použitie MODIS v hydrologických aplikáciách

- Mapovanie pokrytia územia snehom
- Modelovanie:
 - Validácia snehových (sub)modelov
 - Spresňovanie simulácie a predpovede prietoku:
 - ako vstup (napr. SRM model)
 - reprezentatívnejšie parametre hydr. modelu (kalibrácia)
 - asimilácia stavových premenných (predpoved')

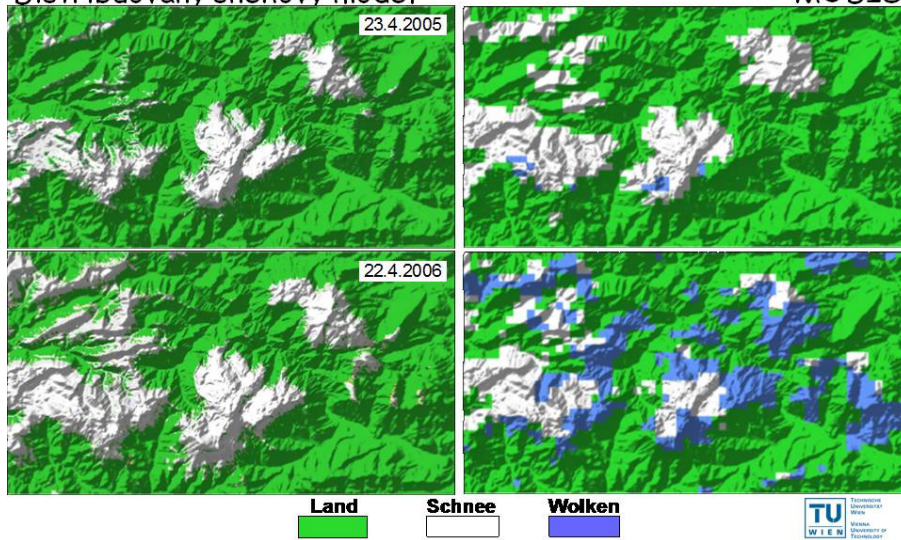




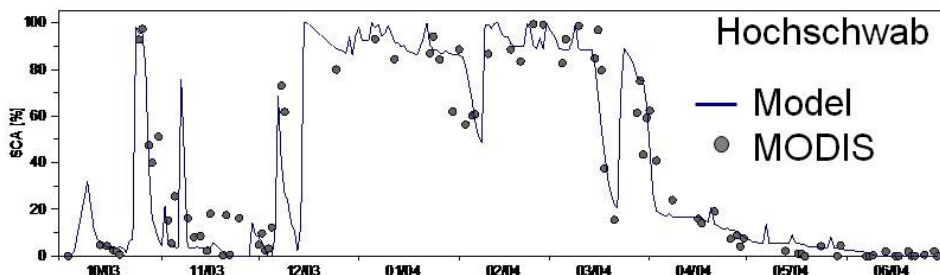
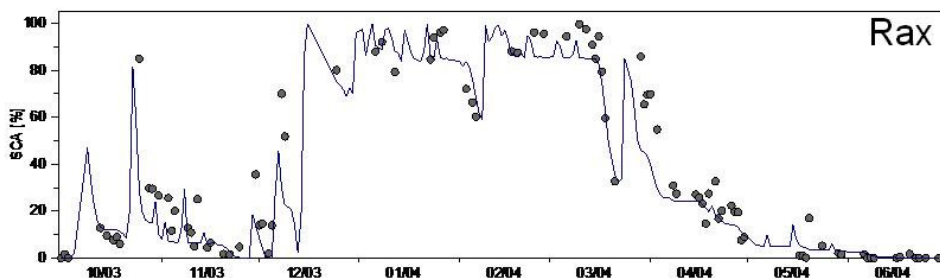
Aplikácia MODIS pri modelovaní

Distribučný snehový model

MODIS



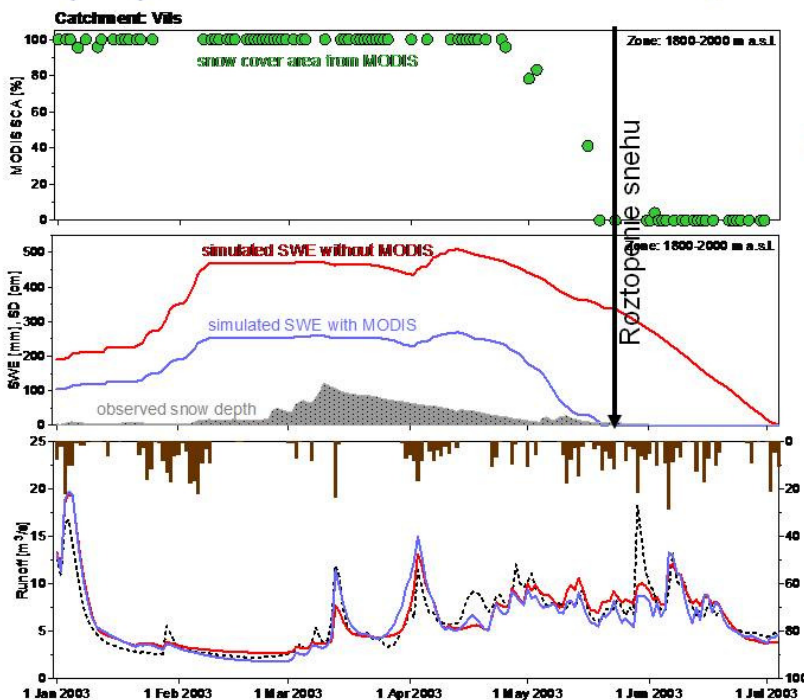
Validácia simulácie pokrytia územia snehom



2003/2004



Vylepšenie simulácie snehu (HBV model)



Vils (198.1 km²)

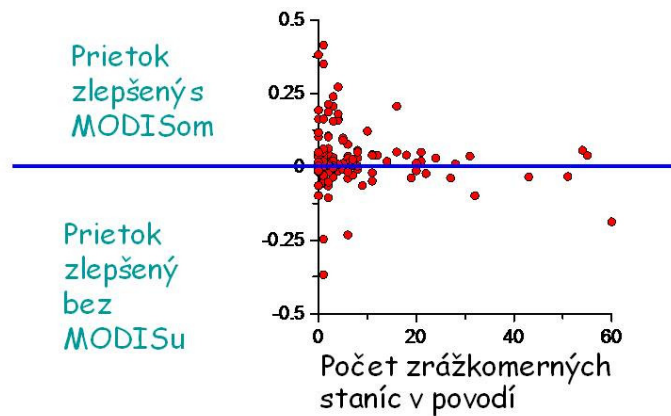


Z práce
Parajka, Blöschl
(JoH, 2008)



Zlepšenie simulácie prietoku

Rozdiel v presnosti simulácie prietoku
 Simulácie vo verifikačnom období 1987-1997, 148 povodí



Záver

- Práce ukázali, že snehové mapy z MODIS:
 - Boli vo veľmi dobrej zhode s meraniami výšky snehu na staniciach a inými satelitnými produktmi (pri bezoblačných podmienkach)
 - Majú časové a priestorové rozlíšenie atraktívne pre hydrologické aplikácie



- Parajka, J. and Blöschl, G. (2006) Validation of MODIS snow cover images over Austria, *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, 679-689.
- Parajka, J. and Blöschl, G. (2008a) Spatio-temporal combination of MODIS images-potential for snow cover mapping, *Water Resources Research* 44, p. W03406 10.1029/2007WR006204.
- Parajka, J. and Blöschl, G. (2008b) The value of MODIS snow cover data in validating and calibrating conceptual hydrologic models, *Journal of Hydrology*, 358, 240-258.
- Parajka, J., Pepe, M., Rampini, A., Rossi, S. and Blöschl, G. (2010) A regional snow-line method for estimating snow cover from MODIS during cloud cover, *Journal of Hydrology*, 381, Issues 3-4, 203-212.
- Parajka, J. and Blöschl, G. (v tlači) MODIS-based Snow Cover Products, Validation, and Hydrologic Applications. In: *Advances in Hydrological Remote Sensing for Monitoring Global Changes*, John Wiley & Sons

MOŽNOSTI VYUŽITÍ VYPOČTENÉ VODNÍ HODNOTY SNĚHU PRO STANOVENÍ ZÁSOB VODY V POVODÍ

Pavla Řičicová, Martina Kimlová

Český hydrometeorologický ústav

Úvod

S vyhodnocováním zásob vody ve sněhové pokrývce v prostředí GIS, které umožňuje výpočty pro větší počet povodí najednou, se začalo v ČHMÚ v roce 2007. Do té doby se počítaly zásoby jednoduše sumací po výškových pásmech jen pro cca 30 významných vodohospodářských nádrží a vodních toků. Výpočty v GISu sebou přinášejí také mnohé nepřesnosti díky zjednodušením, která byla zavedena, aby se umožnil současný výpočet pro více povodí v různých nadmořských výškách a lokalitách s odlišným pokrytím sněhu.

V letošním roce jsme pokusili hledat odpověď na požadavky Podniků povodí, abychom stanovovali zásoby vody ve sněhu v kritických obdobích před táním i v termínu mimo pondělí, kdy se pravidelní měří vodní hodnota. V roce 2006, kdy byly v nížinách velké sněhové zásoby a ve 3. dekádě března synoptická předpověď počasí naznačovala déšť a výrazné oteplení, bylo operativně uspořádáno mimořádné měření sněhu ve staniční síti ČHMÚ před začátkem tání. Zavedení tohoto postupu i pro běžnější situace by bylo ekonomicky i organizačně náročné, proto se o něm neuvažuje. Rozhodli jsme se otestovat vodní hodnoty, v zimním období denně počítané z měřených klimatologických dat pro cca 200 stanic a ukládané již několik let do databáze CLIDATA ČHMÚ (jednoduchá metoda L.Němce byla prezentována v minulých letech na Sneharských setkáních a v tomto sborníku *Stříž, M., Němec, L., Skalák, P.: Prostorová analýza sněhových dat*).

Metodika

Využití vypočtené vodní hodnoty sněhu pro účely Podniků povodí jsme začali ověřovat na datech letošní zimy. Postup výpočtu a jeho podmínky byly stejné jako u pravidelných vyhodnocování sněhových zásob z naměřených vodních hodnot. Oba výsledky jsme potom vzájemně porovnávali.

Použitá výpočetní metoda GIS byla stejná jako v loňském roce. Je založena na předpokladu, že velikost zkoumané veličiny roste s nadmořskou výškou. Lineární interpolace je v rámci celé republiky obtížná vzhledem k tomu, že většinou souvislá sněhová pokrývka se na celém území nevyskytuje často a navíc existují rozdíly ve výšce sněhu ve stejných nadmořských výškách pro různá povodí. Z tohoto důvodu byla vytvořena síť virtuálních stanic, které mají definovanou nadmořskou výšku, kde se nevyskytuje sníh. V oblastech nad těmito stanicemi leží sněhová pokrývka, níže se sníh není.

Vstupní data pro výpočet

V letošním roce byly vstupní údaje naměřené ve stanicích kontrolovány ještě důkladněji než v předchozích letech. Je to z důvodu, že měření ve stanicích často zcela neodpovídalo situaci v okolní krajině. Oddělení OHV provádělo podrobnou analýzu hustoty sněhu pro výšková pásma a jejich polohu na základě informací ze sněhoměrných polštářů a profilových měření v terénu. Podařilo se do procesu zapojit ve větší míře i pobočky, které na základě takto odhadnuté hustoty sněhu prováděly kontrolu měření ve stanicích ČHMÚ, které přísluší do jejich kompetence. Teprve takto revidovaná data mohla vstupovat do výpočetní procedury.

K souboru byly připojeny údaje ze sněhoměrných polštářů a z profilových měření v profesionálních stanicích ČHMÚ a na vodních dílech (prováděné pracovníky Povodí), dále pravidelná měření v západních Krkonoších a Jizerských horách (oddělení hydrologického výzkumu). V případě mimořádných měření pracovníky Poboček ČHMÚ, lze využít i tyto informace. Vstupní soubor vypočtených vodních hodnot (SVHV) byl doplněn pouze o chybějící nulové vodní hodnoty, tam kde se sních již nevyskytoval a. o údaje z automatických polštářů.

Zadání nulové izochiony

Poměrně nejednoduchým úkolem bylo stanovit pro celé území jednotnou nadmořskou výšku, pod níž se sních již nevyskytuje. Vzhledem k tomu, že celé území bylo pokryto sněhem poměrně krátkou dobu, od konce listopadu do začátku ledna, lišila se nulová izochiony pro Čechy a Moravu po většinu zimního období a výpočty zásob bylo nutné počítat často vícekrát, zvláště pro každé území. V tab. 1 je přehled počasí a sněhových poměrů v období, pro které byly porovnávány výpočty zásob z měřených a vypočítaných vodních hodnot.

Tab. 1: Sněhové poměry a charakter počasí v ČR období prosinec 2010 – únor 2011

Tab. 1: Snow and weather conditions during period December 2010 – February 2011

Datum	Nulová izochiony m n. m.			Charakter počasí
	Čechy	Morava	výp.	
29.11.2011	100	100	100	celé území pod sněhem
6.12.2010	100	100	100	celé území pod sněhem
13.12.2010	100	100	100	celé území pod sněhem
20.12.2010	100	100	100	celé území pod sněhem
27.12.2010	100	100	100	celé území pod sněhem
3.1.2011	100	100	100	celé území pod sněhem
10.1.2011	200 - 400	500 - 700	200	začátek oblevy
17.1.2011	600 - 900	850 - 1050	850	výrazná obleva
24.1.2011	Polabí bez sněhu	Podyjí bez sněhu	180	nový sníh
31.1.2011	Polabí bez sněhu	Podyjí bez sněhu	250	nový sníh
7.2.2011	650	800	700	tání, zvýšení VH na horách
14.2.2011	400	700	550	oteplení a déšť, pak
	ZČ 250	SM 600-900		ochlazení a 5 cm
	SČ 400-650	JM 300- 700		nového sněhu
	ČMV 650			
21.2.2011	400	500	450	mráz
	ZČ 350			slabá vrstva nového sněhu
	Polabí, 400-500	SM 300-550		
	SČ 350	JM 500- 700		
	ČMV 450-700			
28.2.2011	550	750	650	mráz
	ZČ 400	SM 600-900		
	SČ 400	JM 600- 850		
	ČMV 600-750			
	JČ 850			

Porovnání a rozbor výsledků

Hodnocení rozdílů v % objemu zásob (průměrné výšky VH) na dané povodí jsme vyjádřili jako poměr rozdílů obou výpočtů vzhledem k měřené hodnotě SVH

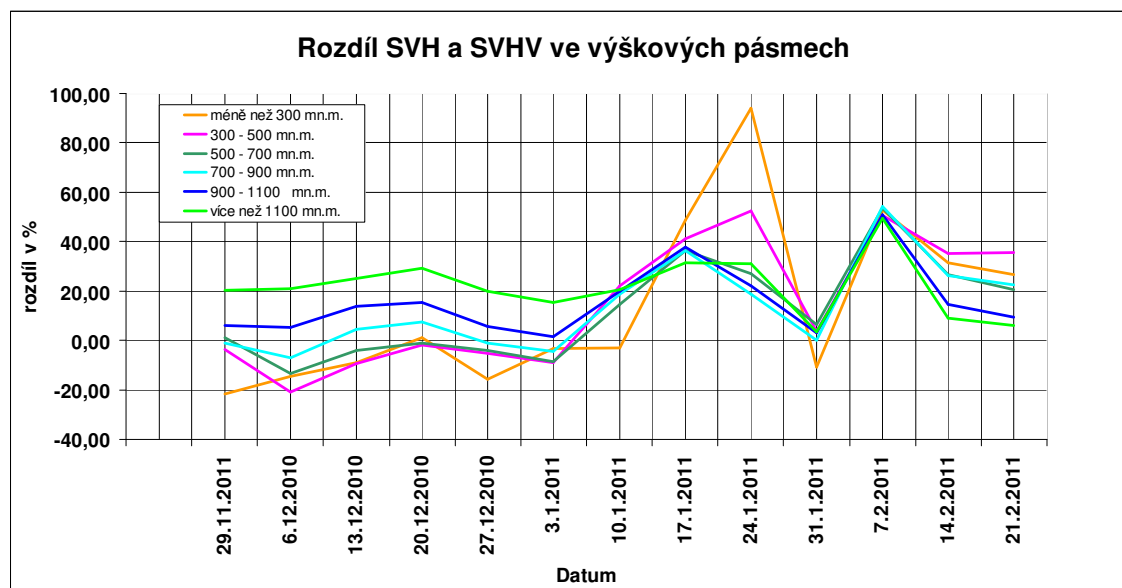
$$[(SVH - SVHV)/SVH]*100$$

Nejprve jsme vzájemně porovnávaly průměrnou vodní hodnotu, resp. objem vody ve výškových pásmech v České republice (viz tab. 2 a obr. 1). Největší zastoupení plochy má pásmo 300 – 500 m, dále 500 až 700 m, pak méně než 300 m n.m., vyšší polohy představují

Tab. 2: Plošné a procentuelní zastoupení výškových pásem v ČR

Tab. 2: Area and percentage representation of elevation zones in the CR

Výškové pásmo m n.m.	Plocha km ²	Plocha %
≤ 300 m.n.m	19 140,5	24,2
300-500	33 291,0	42,1
500-700	20 405,5	25,8
700-900	4 538,0	5,7
900-1100	1 310,5	1,7
≥ 1000	385,8	0,5

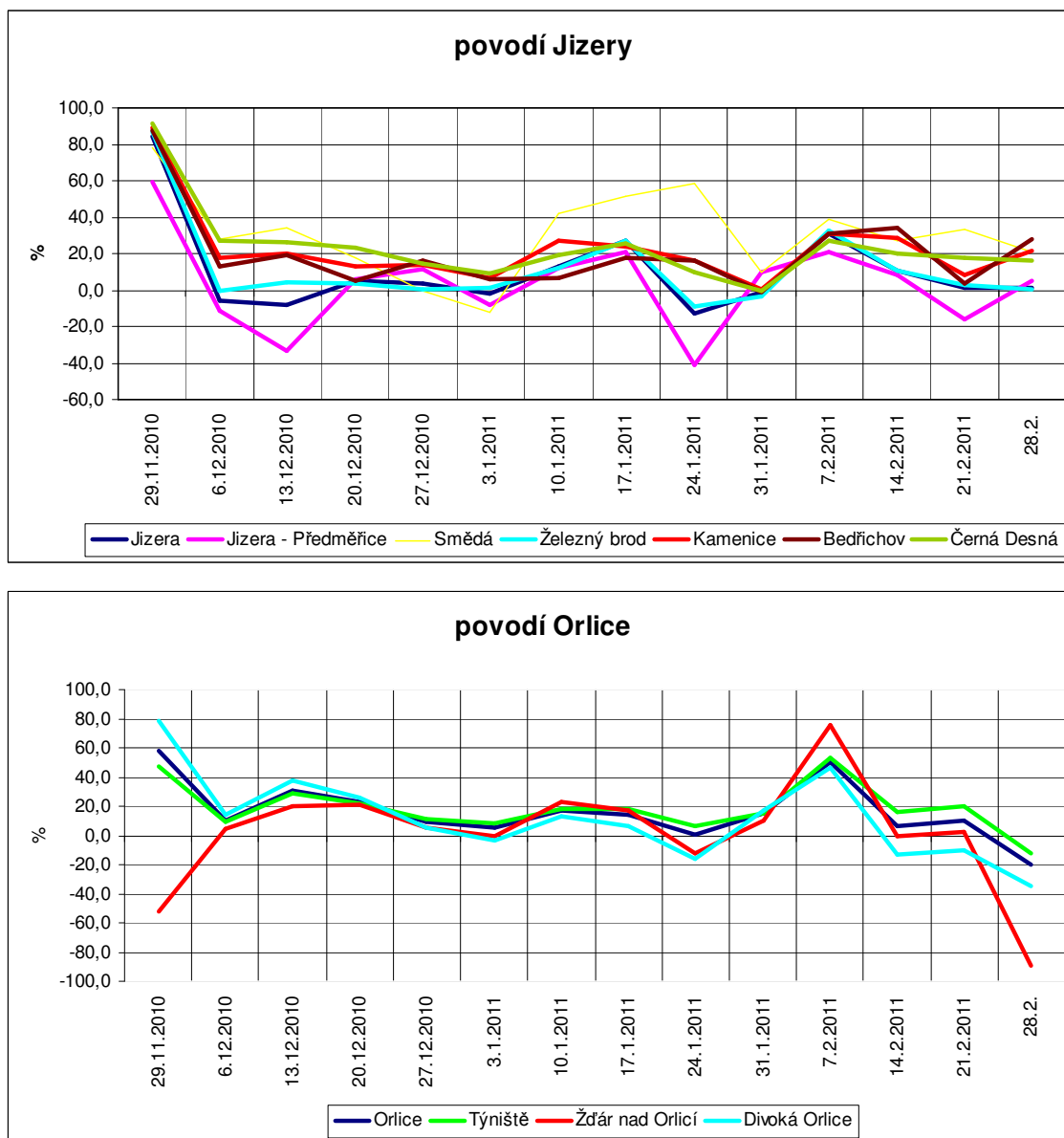


Obr. 1: Rozdíly ve výpočtech pro výšková pásma

Fig. 1: Calculation differences in elevation zones

méně než 10 % celkové plochy. Z obr. 1 je patrné, že až do začátku lednové oblevy, kdy byla většina území pokryta sněhem, byl rozdíl obou výpočtů pro všechna pásma menší než 20 % a

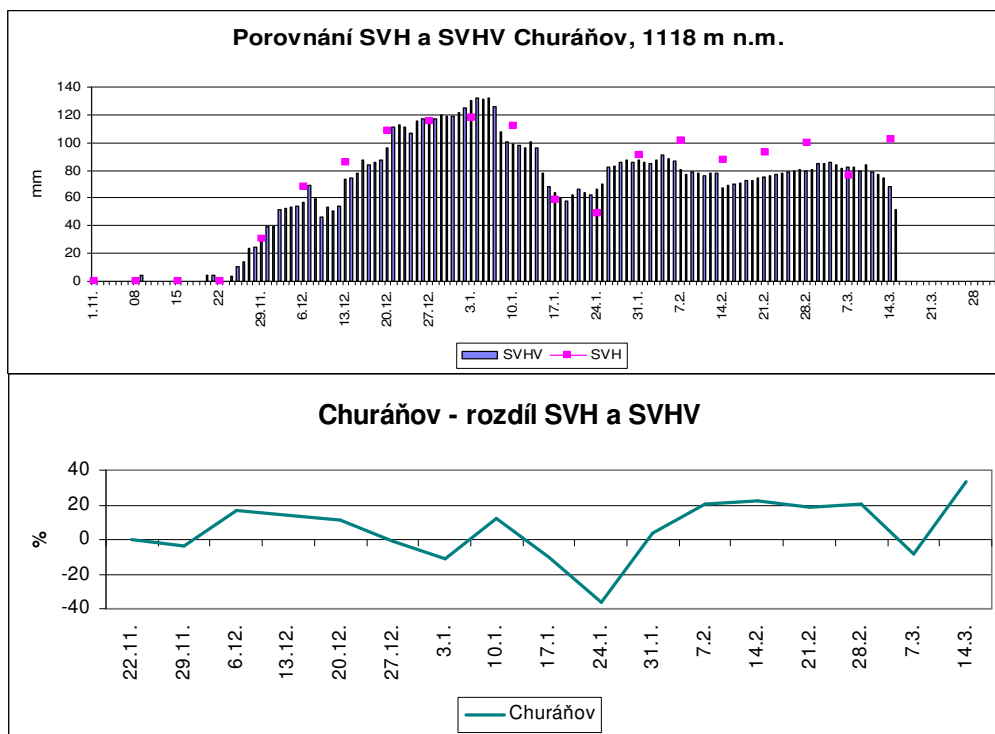
hodnoty s SVHV byly větší než s naměřenou SVH. Po oblevě se ještě rozdíl obou výpočtů udržel pod 40 %, ale větší hodnoty vykazovala měřená vodní hodnota. Největší rozdíl se projevila 24.ledna, kdy napadl nový sníh. V dalším kroku byly porovnávány zásoby v jednotlivých říčních či nádržních povodích. Zde se více projevily fyzicko-geografické podmínky a různá výška sněhu. Rovněž na začátku vytváření zásob jsou patrné velké rozdíly ve výpočtech. V obr. 2 byly vybrány zdařilejší ukázky. Vodní zásoby pro nížinná povodí Dyje nebo pro nádrže v povodí Vltavy vykazovaly větší vzájemné rozdíly ve výpočtech.



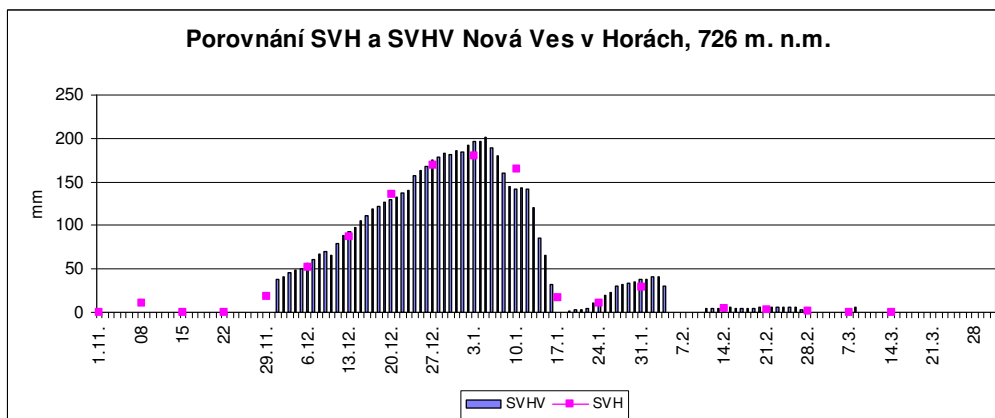
Obr. 2: Rozdíly ve výpočtech pro povodí Jizery a Orlice
 Fig. 2: Calculation differences in the Jizera and Orlice basins

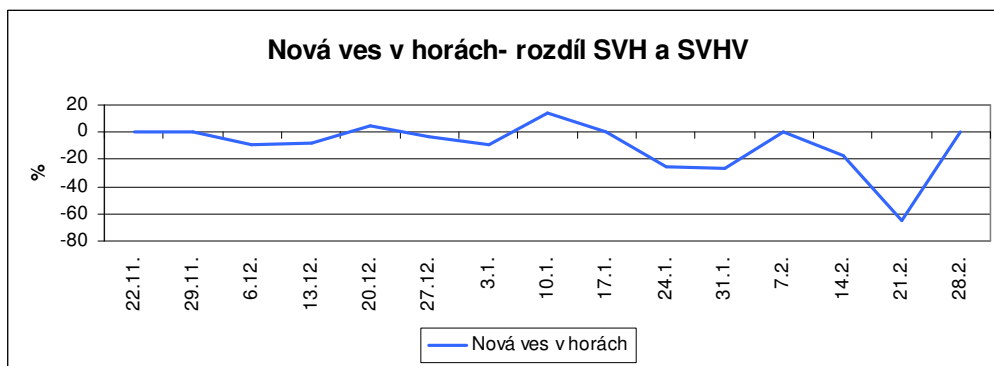
Dále jsme porovnávali hodnoty v několika vybraných stanicích s různými nadmořskými výškami. Na následujících obrázcích (obr. 3, 4 a 5) je znázorněn průběh vodní hodnoty ve stanicích Churáňov, Nová Ves v Horách a Jeseník. Na Churáňově (1118 m n.m.) byl největší rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou hodnotou 24.1. (38%), tedy v termínu, kdy napadly nové zásoby sněhu, u ostatních měření rozdíly vesměs nepřesahovaly +/- 20 %. Ve stanici

Nová Ves v Horách (726 m n.m.) se největší rozdíl vyskytl v termínu 21.2., kdy zásoby sněhu byly již v této oblasti minimální a i malé hodnoty znamenaly velký procentuelní rozdíl. U stanice Jeseník (456 m n.m.) byl největší rozdíl 13.12., kdy v době termínu měření napadl čerstvý sníh v nižších polohách ČR. Celkově u jednotlivých stanic rozdíl většinou nepřesahoval $\pm 20\%$, ojediněle se objevily hodnoty kolem $\pm 40\%$ a vyšší, a to zejména ve dnech, kdy nastala změna ve vývoji počasí blízko termínu měření nebo v případě, že zásoby vody ve sněhu byly již malé. Z vybraných 19 stanic bylo 5 stanic systematicky nadhodnoceno, 4 stanice podhodnoceny a v 11 případech byly rozdíly minimální. Stanice s nadhodnocenými nebo podhodnocenými hodnotami se vyskytovaly ve všech nadmořských výškách a z vybraných vzorků nelze získat jednoznačný závěr (tab. 3).

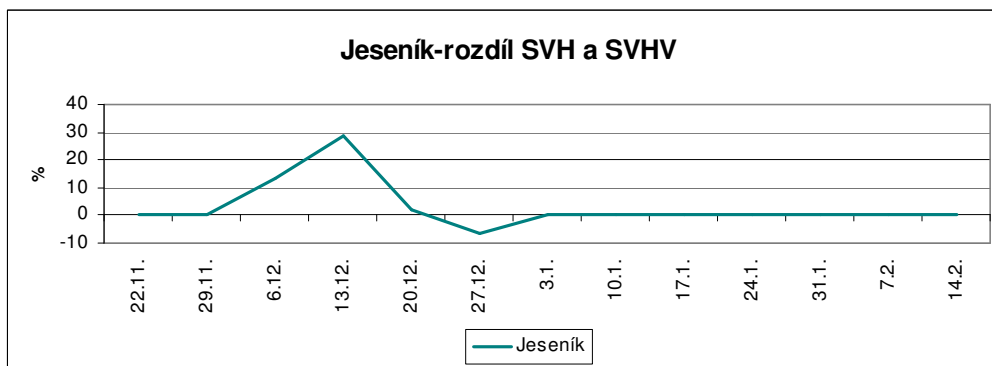
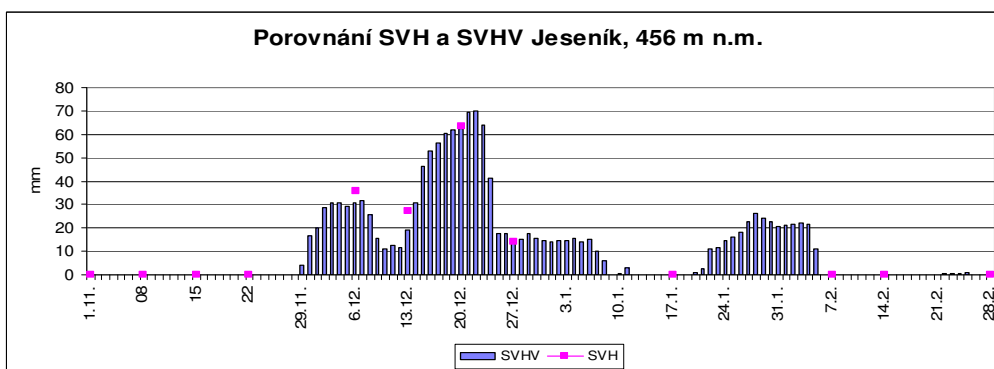


Obr. 3: Rozdíly ve výpočtech na stanici Churáňov, 1118 m n
 Fig. 3: Calculation differences in the Churáňov station, 1118 m





Obr. 4: Rozdíly ve výpočtech na stanici Nová ves v horách, 726 m m n
 Fig. 4: Calculation differences in the Nová ves v horách station, 726 m



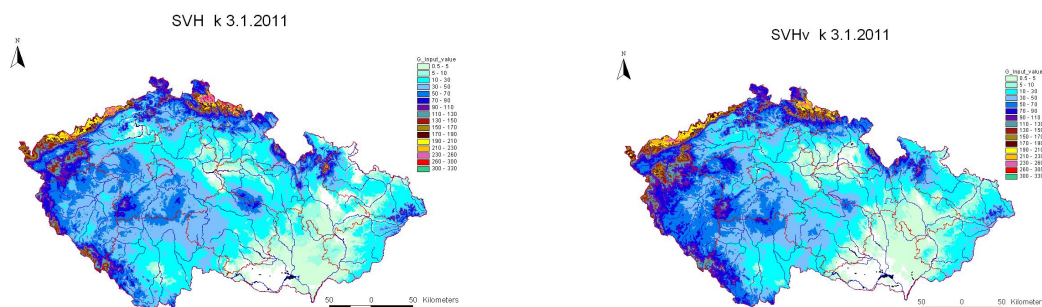
Obr. 5: Rozdíly ve výpočtech na stanici Jeseník, 456 m m n
 Fig. 5 Calculation differences in the Jeseník station, 456 m

Tab. 3: Rozdíly ve výpočtech ve vybraných stanicích
 Tab. 3: Calculation differences in unselected profiles

STANICE	m n.m.	SVH>SVHV	SVH<SVHV	SVH=SVHV
Churáňov	1118			SVH?SVHV
Dyleň- Č.lés	940		SVH<SVHV	
Pec pod Sněžkou	805			SVH?SVHV
Bedřichov	777	SVH>SVHV		
Desná	772	SVH>SVHV		
Nová Ves v Horách	726			SVH=SVHV
Mariánské Lázně	691			SVH=SVHV
Protivanov 670	670	SVH>SVHV		
Staré Město - Kunčice	658			SVH=SVHV
Deštné v Orlických horách	635	SVH>SVHV		
Nový Rychnov	624		SVH<SVHV	
Rýmařov	602		SVH<SVHV	
Černovice	600			SVH=SVHV
Šindelová-Obora	587			SVH?SVHV
Bystřice n. Pernštejnem	573			SVH=SVHV
Hubenov	545			SVH=SVHV
Nové Město p.S	505			SVH=SVHV
Ondřejov	485	SVH>SVHV		
Vrchlabí	482		SVH<SVHV	
Jeseník	456			SVH?SVHV
celkem		5	4	11

Porovnávali jsme také vytvořené mapy, a to v termínu 3.1., kdy bylo téměř celé území ČR pokryto sněhovou pokrývkou a v termínu 17.1., kdy byly naopak po výrazné oblevě sněhové zásoby minimální.

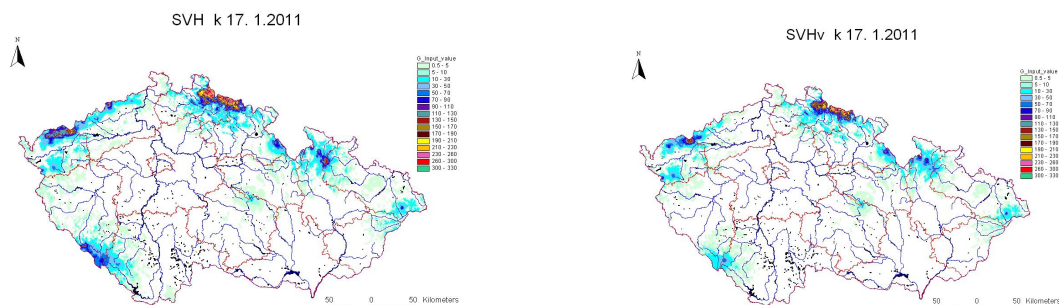
Mapa vytvořená z údajů měřených 3.1. (obr.6) vykazovala oproti mapě z vypočítaných údajů vyšší hodnoty zejména ve vrcholových partiích Krkonoš a Šumavy (v nadmořských výškách nad 1100 m n m téměř 20 %), naopak v ostatních polohách byla spíš slabě podhodnocená (do 8%), zejména v oblasti J a JZ Čech.



Obr. 6: Porovnání výsledných map z měřených a vypočtených hodnot 3.1.2011
 Fig. 6 Comparison of differences between calculated and measured SWE 3.1.2011

Výsledná mapa z dat měřených 17.1. (obr.7) vykazuje vyšší hodnoty ve všech nadmořských výškách, v rozmezí 35 až 40 %, v polohách nižších než 300 m n m i více. V tomto termínu

končila výrazná obleva a pravděpodobně se na výsledných rozdílech podílel souhrn více faktorů – problematické stanovení nulové izochiony, chyby měření, chyby vznikající při interpolaci dat apod.



Obr. 7: Porovnání výsledných map z měřených a vypočtených hodnot 17.1.2011
 Fig. 7 Comparison of differences between calculated and measured SWE 17.1.2011

Souhrn poznatků

Problémy s výpočty při použití SVHS vznikají při změnách počasí, které nastanou těsně před pondělním termínem měření - obleva, nová sněhová pokrývka. Na začátku tání (10.1.) byly však výsledky vcelku dobré. Od konce listopadu do první poloviny ledna byly rozdíly SVH a SVHV menší než 20 %, což považujeme za akceptovatelnou chybu. Větší rozdíly se projevily v horských oblastech. Vzhledem k malému plošnému zastoupení k celému území a tedy celkovým zásobám, není chyba zde tak závažná. Nejvýznamnější diference jsou patrné v oblastech pod 500 m, které jsou způsobeny problematickým výpočtem jednotné nulové izochiony. Při malé výšce sněhu jsou velké rozdíly i v rámci stejné nadmořské výšky. Negativně se projevuje menší počet stanic použitých pro výpočet s SVHS, což je asi polovina. Předpokládáme, že budeme pokračovat v testování co největšího počtu vstupních stanic pro výpočet, v delším cyklu než je jeden rok. Rozdělení stanic do skupin, které podhodnocují nebo nadhodnocují nebylo v letošní sezoně vždy jednoznačné. U nádrží, o které mají Podniky povodí největší zájem budeme provádět podrobný rozbor odchylek ve výškových pásmech a počítat zvlášť pro podmínky těchto konkrétních nádrží.

Poděkování

Tento projekt byl financován za podpory grantu Ministerstva životního prostředí SP/1c4/16/07 „Výzkum a implementace nových nástrojů pro předpovědi povodní a odtoku v rámci zabezpečení hlášené a předpovědní povodňové služby v ČR“

Resume

We started to verified applicability of counted snow water equivalent for purposes of River Basin Comp. The sequence of calculation and conditions were the same as the regular computation by use of measured data. We compared both results together. We find out that the biggest differences were generated due to weather changes – new snow cover, thaw. The smallest disparity between counted and measured water equivalent – less than 20 % - was noticed when the whole country was covered by snow. Generally the big divergences were evident in areas under 500 m a.s.l., where were problems with assessment of zero snow line. We suppose to continue this task with use data from more years.

OPERAČNÍ MONITORING SNĚHOVÉ POKRÝVKY Z DAT DPZ

Kateřina Spazierová, Lukáš Brodský

Gisat s.r.o., Milady Horákové 57, 170 00 Praha 7

katerina.spazierova@gisat.cz, lukas.brodsky@gisat.cz

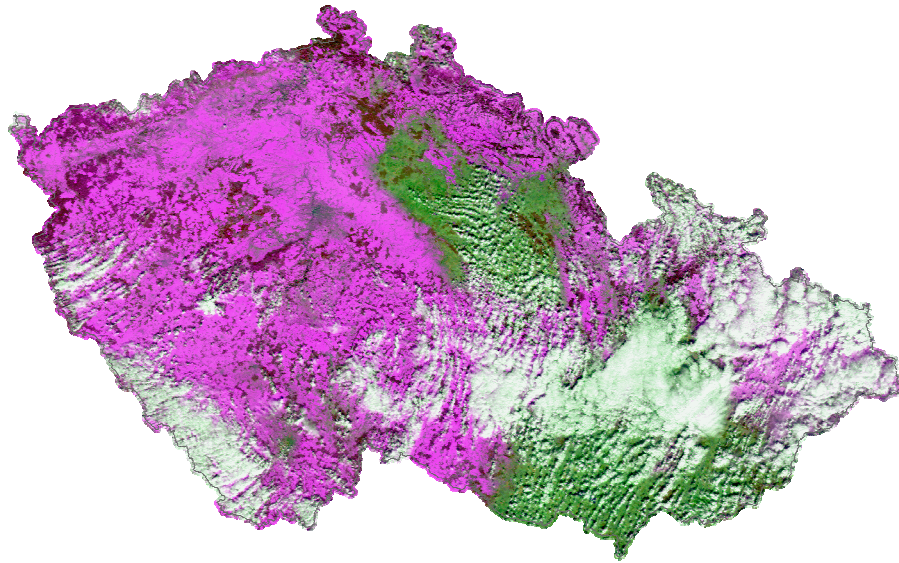
Úvod

Operační monitoring sněhové pokrývky z dat dálkového průzkumu Země (DPZ) byl zahájen počátkem roku 2011. Systém založený na družicových scénách Terra MODIS s prostorovým rozlišením 250 m je určen pro podporu stávajících předpovědních a monitorovacích aktivit Českého hydrometeorologického ústavu. Operační využití družicových scén pro sledování sněhové pokrývky na našem území navazuje na výzkumný projekt FLOREO (Demonstration of ESA Environments in support to FLOod Risk Earth Observation monitoring), který byl ukončen v prosinci roku 2010. Jeho hlavním cílem bylo vyvinutí systému spojujícího data DPZ s daty pozemního měření z meteostanic.

Satelitní snímky přinášející komplexní pohled na výskyt sněhu na území České republiky jsou pořizovány každý den. Bezoblačné scény, alespoň 1/3 našeho území nepokrývají mraky, jsou dále zpracovávány za účelem vytvoření klasifikace sněhové pokrývky v rastrové nebo vektorové podobě popř. jako souboru kompatibilního s aplikacemi Google Earth a Google Maps. Kromě toho je vypočítávána i pravděpodobnostní mapa výskytu sněhové pokrývky z pozemních měření z 80ti meteostanic. V případě vysokého podílu oblačnosti ve výsledné klasifikaci jsou mraky nahrazovány vypočtenou pravděpodobností a vzniká tzv. kombinovaná mapa sněhu. Vedle mapových produktů jsou uživateli poskytovány i sněhové statistiky, tj. grafy vyjadřující podíl sněhové pokrývky v povodí druhého řádu, její rozložení dle typu krajiny a nadmořské výšky. Všechny uvedené produkty jsou k dispozici denně prostřednictvím mapového serveru (<http://mapserver.floreo.cz/>) nebo jako týdenní zpráva o stavu sněhu, která je uživateli zasílána e-mailem každé pondělí ve formě pdf souboru.

Optická družice Terra MODIS

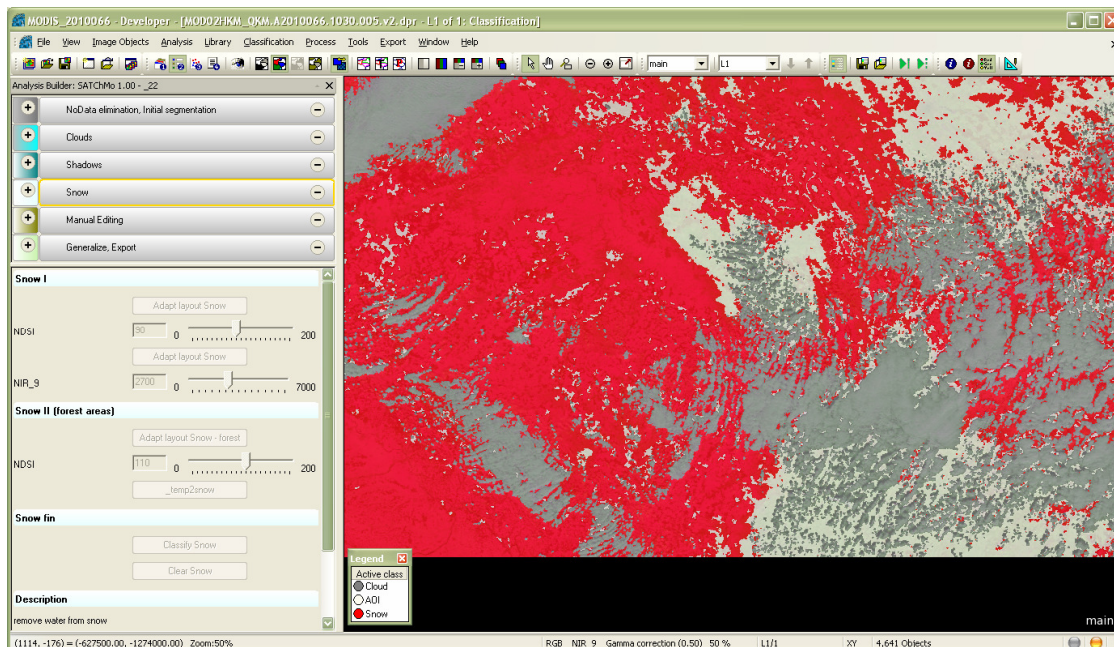
Základ operačního monitoringu sněhové pokrývky představují scény z optické družice Terra jejímž provozovatelem je NASA. Družice byla vypuštěna již v roce 1999 a na své palubě nese spektrometr se středním rozlišením MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer). Denní perioda snímání a 36 spektrálních kanálů pořizovaných s prostorovým rozlišením od 250 m po 1 km umožňují celou řadu aplikací. Pro účely prezentovaného monitoringu je využíváno zejména pásma 1 a 2 s prostorovým rozlišením 250 m (RED, NIR) a několika kanálů s rozlišením 500 m, především pak pásma SWIR (střední infračervené pásmo) nezbytného k rozlišení sněhové pokrývky od oblačnosti. Ukázka scény Terra MODIS ze 7. 3. 2010 je uvedena v následujícím obrázku 1.



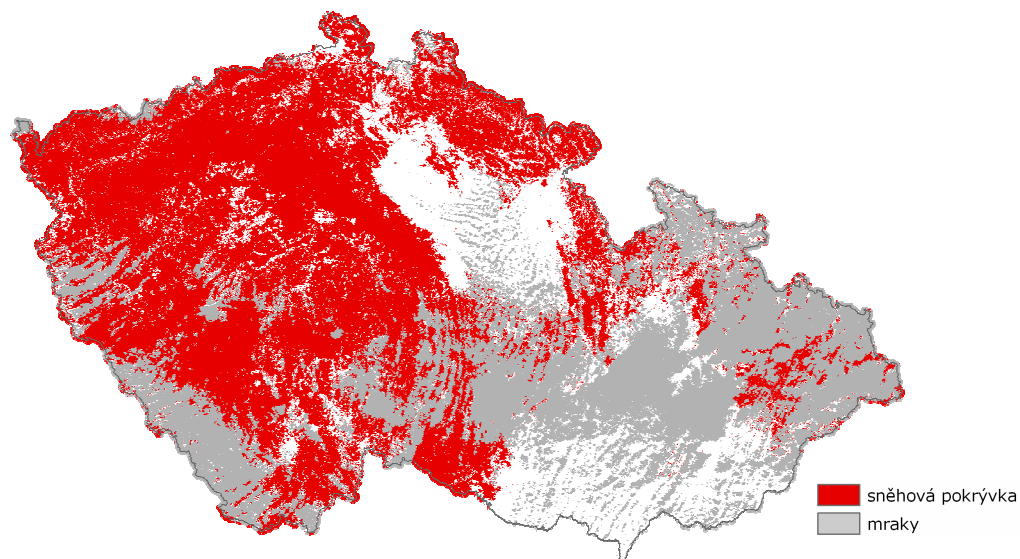
Obr. 1: Scéna Terra MODIS ze 7. 3. 2010
 Fig. 1: Terra MODIS from 7. 3. 2010

Maska sněhové pokrývky

Pořízené scény Terra MODIS, na nichž je alespoň 1/3 České republiky bez oblačnosti, jsou dále zpracovávány. Poloautomatická klasifikace scény v prostředí softwaru eCognition umožňuje vytvoření masky sněhové pokrývky s prostorovým rozlišením 250 m. Masku obsahuje tři třídy (sněhová pokrývka, oblačnost, ostatní) a je produkována v rastrové podobě ve formě geotifu (.tif) nebo jako vektorová vrstva ve formátu shapefile (.shp). Pohled na využívaný klasifikační model přináší následující obrázek 2. Výsledná klasifikace je pak uvedena v obrázku 3.



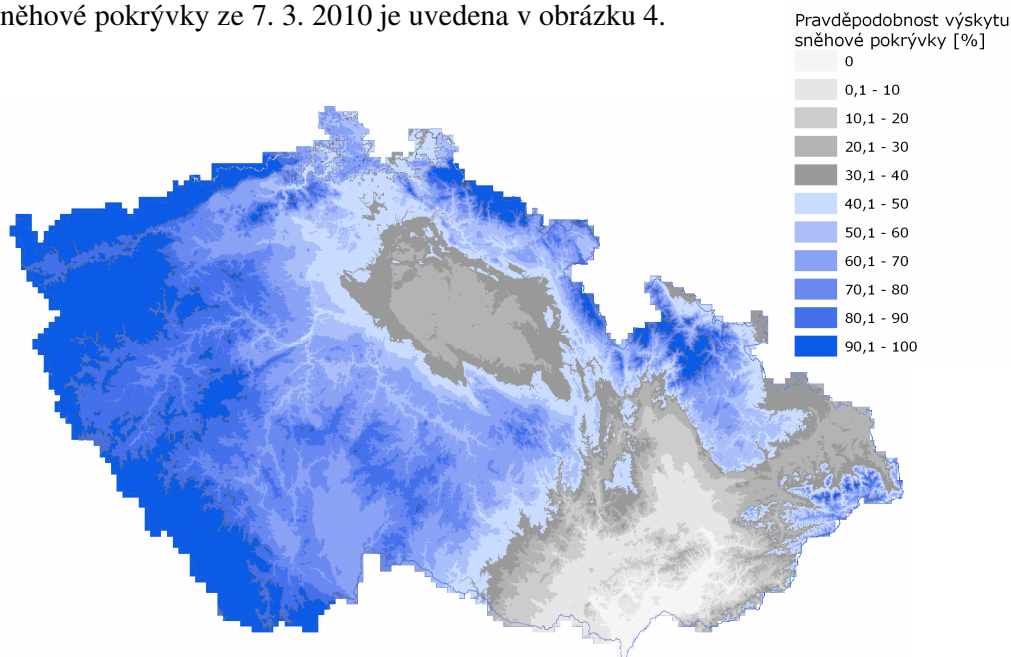
Obr. 2: Klasifikační model v prostředí softwaru eCognition 8. 64
 Fig. 2: Classification model in the eCognition 8. 64



Obr. 3: Klasifikace sněhové pokrývky na základě scény TERRA MODIS ze 7. 3. 2010
 Fig. 3: Snow classification according to scene Terra MODIS from 7. 3. 2010

Pravděpodobnostní mapa výskytu sněhové pokrývky

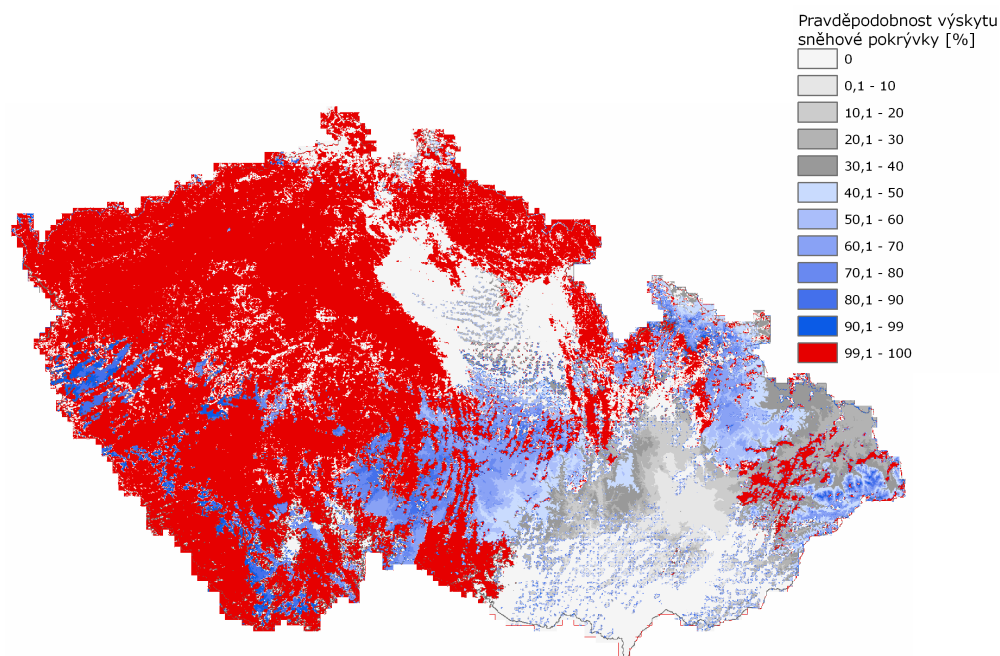
Vedle produktů založených čistě na družicových scénách je vypočítávána i pravděpodobnost výskytu sněhové pokrývky na základě pozemních měření z 80ti meteostanic metodou *indikátorový kriging*. K výpočtu dochází pouze v případech, kdy alespoň na 20ti meteostanicích byla naměřena výška sněhové pokrývky nad 2 cm. Výsledná mapa také s prostorovým rozlišením 250 m obsahuje pravděpodobnost vyjádřenou v procentech a je dostupná v několika formátech – tif, shp, csv, ascii grid nebo png. Mapa pravděpodobnosti výskytu sněhové pokrývky ze 7. 3. 2010 je uvedena v obrázku 4.



Obr. 4: Pravděpodobnost výskytu sněhové pokrývky ze 7. 3. 2010
 Fig. 4: Snow cover probability map from 7. 3. 2010

Kombinovaná mapa sněhu

Využití optických družicových scén je do jisté míry limitováno výskytem oblačnosti. Z tohoto důvodu je v případech vysokého podílu oblačnosti v klasifikaci vytvářena tzv. kombinovaná sněhová mapa. Princip její tvorby je založen na nahrazování mraků v klasifikaci výše uvedenou pravděpodobností výskytu sněhové pokrývky. Výsledkem je mapa obsahující hodnotu 100 % pro oblasti se sněhem zjištěným z dat DPZ, 0 % pro oblasti bez sněhu také zjištěných z DPZ a ostatní oblasti obsahují pravděpodobnost vyjádřenou v procentech. Kombinovaná mapa sněhu ze 7. 3. 2010 následuje v obrázku 5.

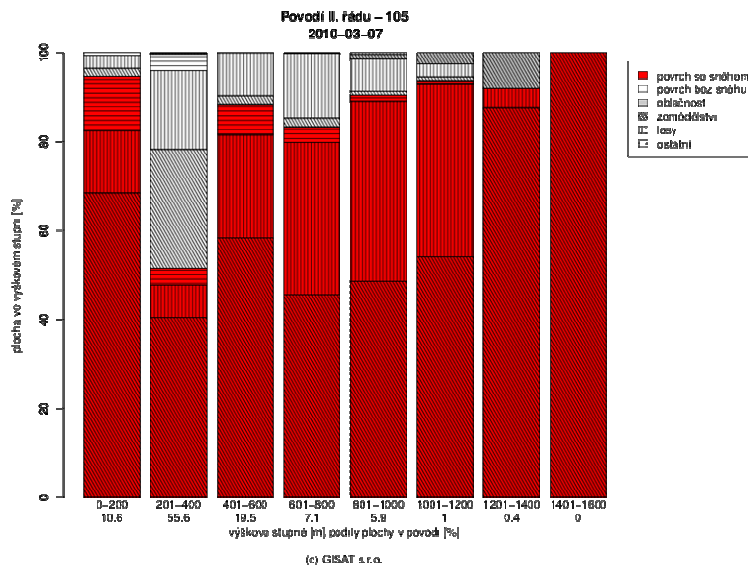


Obr. 5: Kombinovaná sněhová mapa ze 7. 3. 2010

Fig. 5: Combined snow map from 7. 3. 2010

Sněhové statistiky

Statistické vyjádření výskytu sněhové pokrývky vzhledem k nadmořské výšce a typu krajiny přináší sněhové statistiky. Základní statistické jednotky představují povodí II. řádu a výsledkem jsou dva grafy a tabulka. První z nich vyjadřuje podíl sněhu v jednotlivých typech krajiny, kde pro zjednodušení rozlišujeme pouze zemědělské plochy, lesy a ostatní plochy. Druhý graf je pak detailnějším pohledem na rozložení sněhu nejen vzhledem k typu krajiny, ale také nadmořské výšce. Příklad tohoto grafu přináší následující obrázek 6.

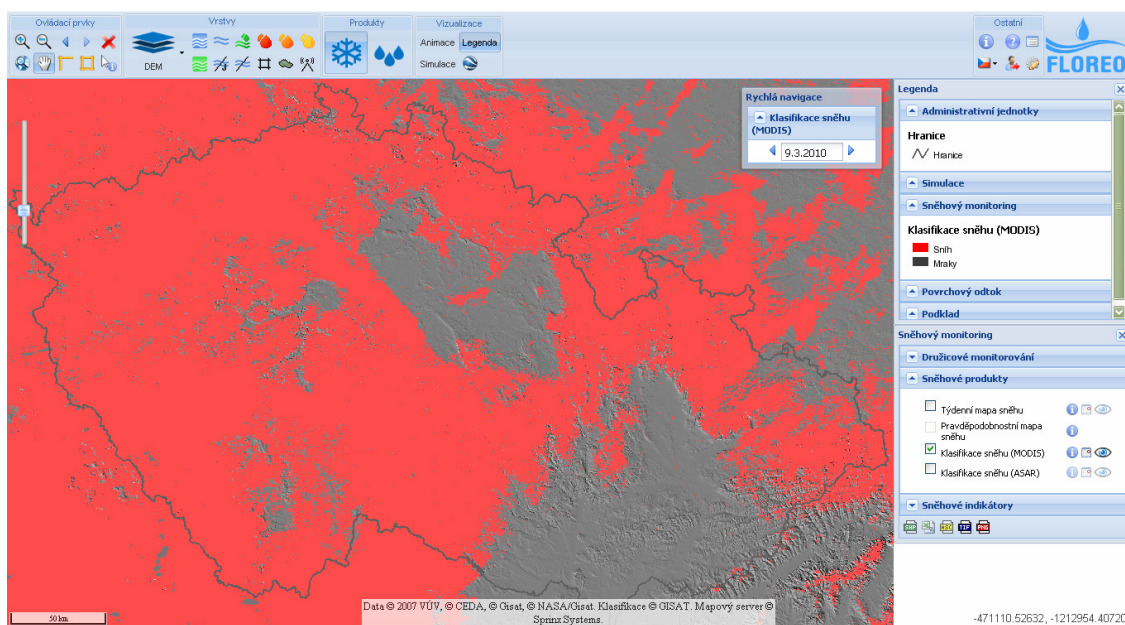


Obr. 6: Sněhové statistiky – ukázka z povodí 105

Fig. 6: Snow statistics – an example from the catchment 105

Dostupnost uvedených produktů

V současné době jsou všechny uvedené produkty prezentovány na mapovém serveru FLOREO (<http://mapserver.floreo.cz>), kde je možné po přihlášení také jejich stahování. Nově je k dispozici týdenní zpráva o sněhové pokrývce za uplynulý týden ve formátu pdf doplněná o odkazy na FTP server, kde lze jednotlivé produkty stáhnout. Tento dokument obsahuje nejaktuálnější (bezobláčný) snímek Terra MODIS z předešlého týdne, jeho klasifikaci na podkladě Google Earth, pravděpodobnostní a kombinovanou mapu sněhu a sněhové statistiky. Veškeré produkty jsou také dostupné ve formátu kml, což umožňuje jejich zobrazení v prostředí Google Earth. Ukázkou prostředí mapového serveru a týdenního dokumentu naleznete v obrázku 7 a 8. Zobrazení v Google Earth pak v obrázku 9.

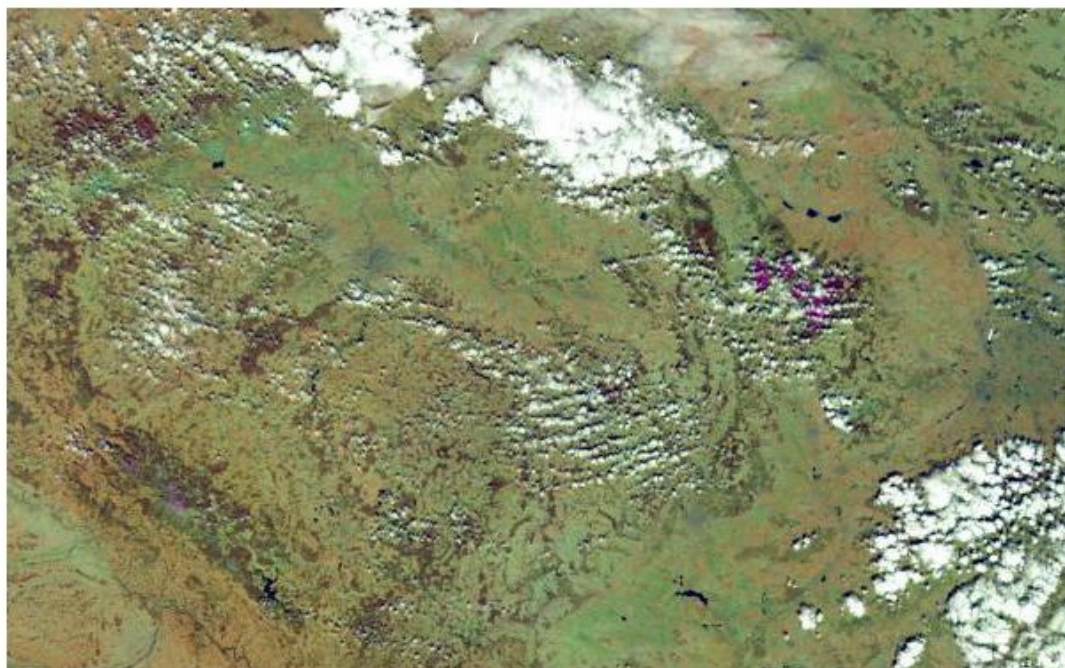


Obr. 7: Mapový server FLOREO (<http://mapserver.floreo.cz>)

Fig. 7: Map server FLOREO (<http://mapserver.floreo.cz>)



Stav sněhové pokrývky monitorovaný z družicových scén Terra MODIS s prostorovým rozlišením 250 m za uplynulý týden uvádí tento dokument. Jedná se o týdenní zprávu obsahující nejaktuálnější bezoblačnou scénu Terra MODIS z předešlého týdne, její klasifikaci, pravděpodobnostní mapu výskytu sněhové pokrývky, kombinovanou mapu sněhu, sněhové statistiky pro povodí II. řádu s největším podílem sněhu v daném týdnu a animaci z všech pořízených scén Terra MODIS. Uvedené produkty jsou opatřeny odkazem pro jejich stažení z FTP serveru.



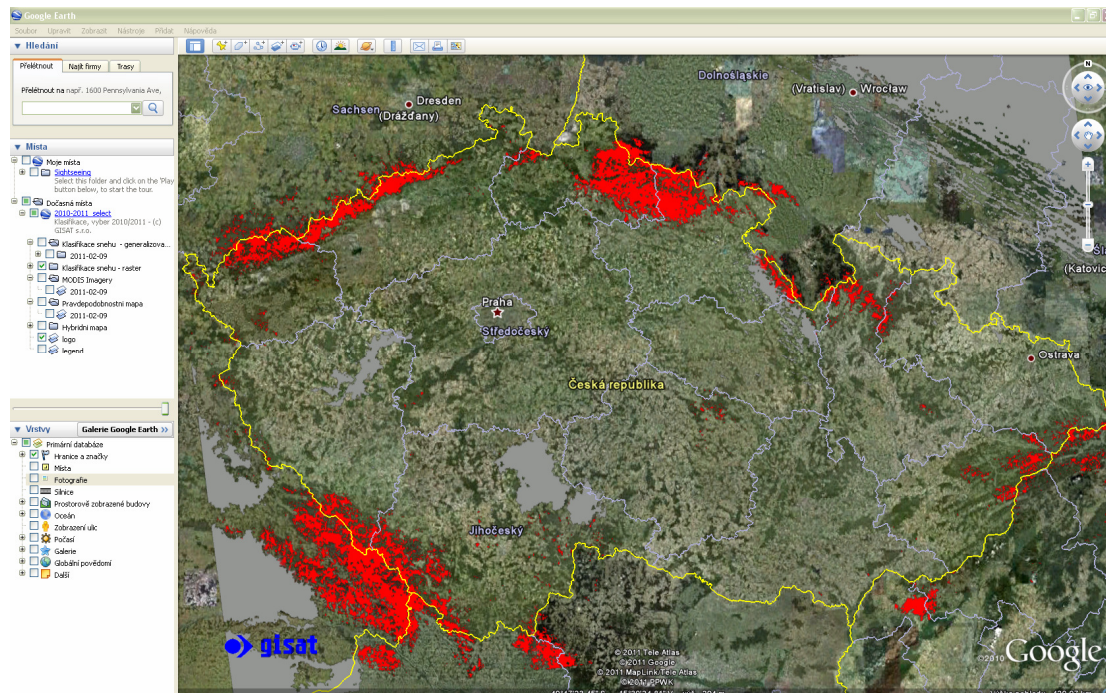
Terra MODIS ze dne 18. 4. 2011

Seznam všech scén Terra MODIS v daném týdnu:

- 16. 4. 2011 [\[HYPERLINK\]](#), náhled v png [\[HYPERLINK\]](#)
- 17. 4. 2011 [\[HYPERLINK\]](#), náhled v png [\[HYPERLINK\]](#)
- 18. 4. 2011 [\[HYPERLINK\]](#), náhled v png [\[HYPERLINK\]](#)
- 19. 4. 2011 [\[HYPERLINK\]](#), náhled v png [\[HYPERLINK\]](#)

Obr. 8: Ukázka z týdenního dokumentu

Fig. 8: Example of weekly document



Obr. 9: Zobrazení v prostředí Google Earth
 Fig. 9: Presentation in the Google Earth

Závěr

Operační monitoring sněhové pokrývky na území České republiky v sobě skrývá nové možnosti pro podporu stávajících monitorovacích a předpovědních činností. Využití dat DPZ přináší informaci o výskytu sněhové pokrývky z každého kouta našeho území. Každodenní znalost rozsahu sněhové pokrývky poskytovaná ve formě rastru nebo vektoru je jednoduše využitelná pro řadu modelů.

Resumé

The operational monitoring of snow cover using Earth Observation data began in early 2011. The base for this system is data from the optical satellite Terra MODIS with spatial resolution 250 m. The main objective of the operational system is support of existing forecasting and monitoring activities of the Czech hydrometeorological institute. Operational use of satellite data for the snow cover monitoring in the Czech Republic builds on the research project FLOREO (Demonstration of ESA Environments in support to FLOod Risk Earth Observation monitoring), that was finished in December 2010. This project was oriented on development of the system connecting remote sensing data with in-situ data.

Satellite images provide a comprehensive look at the distribution of snow in the Czech Republic every day. The images without clouds, 1/3 of the Czech Republic is cloudless, are processed. The result is a snow cover classification in the form of raster, vector or as a kml file, which a user can open in Google Earth or Google Maps. The next result is a probability snow map according to in-situ data from the 80 weather stations. If snow cover classification contains too many clouds is created other product i.e. combined snow map. This map consists from snow cover classification and areas covered by clouds are replaced by snow cover probability map. Other product is snow statistics i.e. charts represent portion of the snow in the catchments of second order, its distribution according to land cover type and elevation. All

products are available every day via map server (<http://mapserver.floreo.cz/>) or PDF file, which contains information about snow cover in the Czech Republic from last week.

Literatura

Bartsch, A. et al. (2007): Monitoring of spring snow melt with ENVISAT ASAR WS in the Eastern Alps by combination of ascending and descending orbits, in Proceedings “ENVISAT Symposium 2007”, Montreux, Switzerland, pp. 23-27 April 2007.

Brodský, L., Kodešová, R., Spazierová, K. (2010): Synergy of earth observation and in-situ monitoring data for flood hazard early warning system. The 2010 European Space Agency Living Planet Symposium. Bergen, Norway, 28 June - 2 July 2010.

Brodský, L., Kodešová, R., Spazierová, K. (2010): Synergie dat dálkového průzkumu Země a in-situ dat pro systém monitoringu a předpovědi vzniku povodňového jevu. Hydrologické dny 2010, Voda v měnícím se prostředí, Hradec Králové, 25.-27.10.2010.

Salomonson, V.V., Appel, I. (2003): Estimating fractional snow cover from MODIS using the normalized difference snow index, Remote Sensing of Environment, vol. 89, pp. 351–360.

Sirguey, P., Mathieu, R., Arnaud, Y. (2008): Subpixel monitoring of the seasonal snow cover with MODIS at 250 m spatial resolution in the Southern Alps of New Zealand: Methodology and accuracy assessment. Remote Sensing of Environment, vol. 113, pp. 160–181.

Vermote, E. F., Kotchenova, S. Y., Ray, J. P. (2008): MODIS Surface Reflectance User's Guide Version 1.2, MODIS Land Surface Reflectance Science Computing Facility (<http://modis-sr.ltdri.org>).

EROZE PŮDY A TRANSPORT PLAVENIN PŘI TÁNÍ SNĚHU

SOIL EROSION AND TRANSPORT OF SUSPENDED LOAD DURING SNOW MELTING

Ing. Hana Středová, Ph.D.^{1,2}, Ing. Tomáš Středa, Ph.D.^{1,3}

¹⁾ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno,
hana.pokladnikova@chmi.cz; tomas.streda@chmi.cz,

²⁾ Mendelova univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie

³⁾ Mendelova univerzita v Brně, Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství

Abstrakt

Předmětem hodnocení je bilance transportu plavenin v dolní partii toku Svitavy na základě údajů zjištěných v hydrologickém profilu v Bílovicích nad Svitavou za období 2000 až 2009. Údaje o množství a koncentraci plavenin byly konfrontovány s údaji o výšce a vodní hodnotě sněhové pokrývky ze srážkoměrné stanice Babice nad Svitavou, která je situována cca 5 km severně proti proudu řeky. Transport plavenin vyvolaný jarním táním sněhu je velmi významný a často je jeho objem vyšší než objem plavenin odtékající ze všech dalších srážkových situací během celého roku. Měsíční maximální koncentrace a průtok plavenin připadá na měsíc březen. Eroze způsobená táním sněhu má významný podíl na znečištění povrchových vod nerozpustnými látkami.

Klíčová slova: tání sněhu, koncentrace plavenin, průtok plavenin, eroze

Úvod

Zjišťování obsahu plavenin v tocích je možné využít při kvantifikaci erozních procesů v povodích. Odnos plavenin z povodí je ovlivněn celou řadou faktorů. Vedle klimatických, reliéfových, půdních a geologických poměrů a tvaru a velikosti povodí hraje významnou roli druh vegetačního pokryvu, zemědělská a lesnická činnost, zavlažování a odvodňování, zastavěnost území aj. Výsledky erozních studií v severní, střední nebo východní Evropě a severní Americe ukazují, že intenzita eroze během tání sněhu může dosáhnout intenzity eroze způsobené deštěm nebo ji dokonce převyšovat (DEMIDOV et al., 1995; EDWARDS et al., 1998; LUNDEKVAM, 2002). Například OLLESCH et al. (2005) se pokusili charakterizovat územní dynamiku erozních procesů a vznik sedimentů v oblasti severovýchodního Německa během tání sněhu. Z výsledků vyplývá, že povrchový odtok vzniklý v zimním období může způsobit vyšší intenzitu eroze než erozní procesy v teplém půlroce.

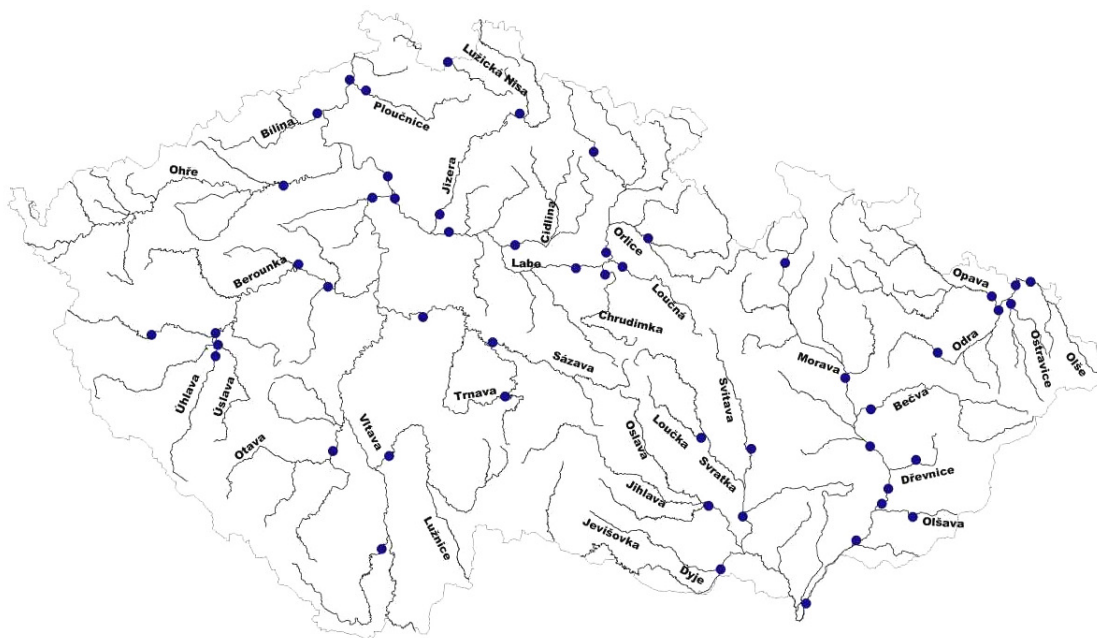
Půdní částice uvolněné vodou z tajícího sněhu jsou po poklesu jejich smykového napětí a rychlosti ukládány na úpatí svahů. Jemné půdní částičky jsou však transportovány a tvoří převážnou část splavenin. Do vodních toků se přitom dostává jen určitý podíl částic nesených vodou ze zemědělských nebo jiných pozemků. Toto množství (tzv. "poměr odnosu sedimentu" SDR – sediment delivery ratio) je nepřímo úměrný ploše povodí (ROBINSON, 1977). Pro povodí o rozloze cca 300 km² činí asi 1/10 celkového erodovaného materiálu (KLIMENT, 2005).

V podmínkách České republiky se erozními procesy a množstvím plavenin v tocích v průběhu roku zabývali např. KLIMENT, LANGHAMMER a KADLEC (2007). Jejich výsledky

dokládají srovnatelné množství plavenin v tocích v době tání sněhu a v době letních intenzivních srážkových epizod.

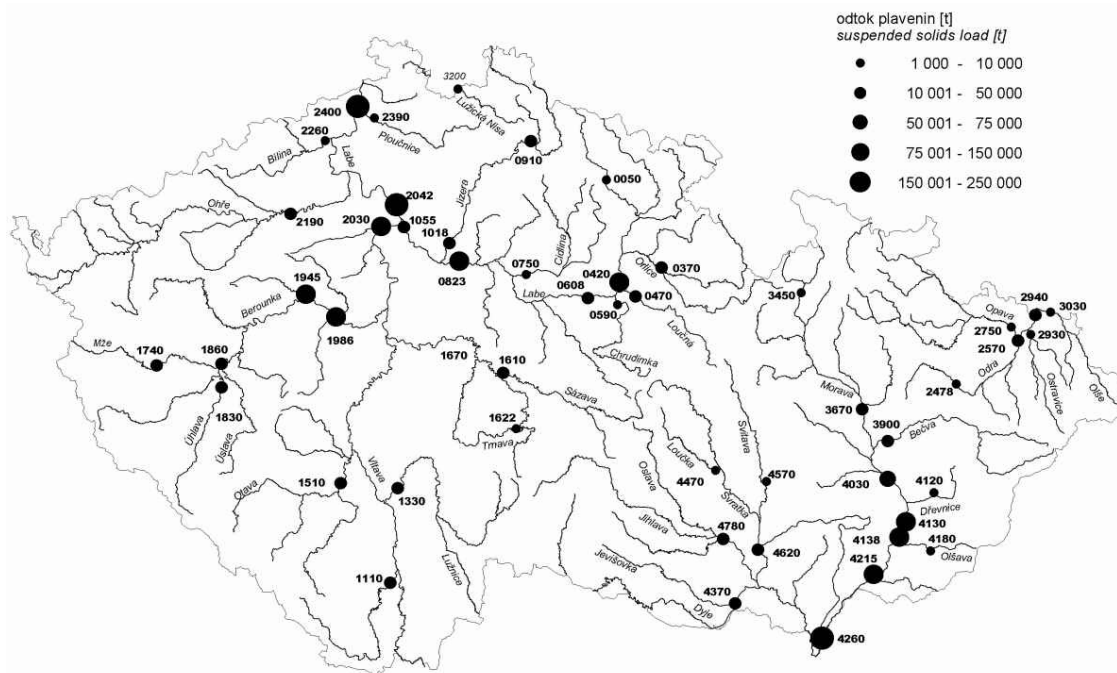
Kvantitativní sledování plavenin je od roku 1985 realizováno v rámci aktivit Českého hydrometeorologického ústavu. V současnosti je v České republice 50 monitorovacích profilů s denním sledováním plavenin (Obr. 1). Roční množství plavenin na některých povodích v ČR dle výsledků monitoringu ČHMÚ ilustruje Obr. 2. Průměrný roční odtok plavenin z území ČR dosahuje asi 1,2 mil. t (Labe 500 tis. t, Morava 600 tis. t, Odra 50 tis. t...). Průměrný odtok plavenin pro celé území je cca 13 – 15 t.km⁻². Nejvyšší průměrné roční hodnoty odosu jsou dosahovány v povodí Odry a na přítocích Moravy (50 – 100 t.km⁻²), nejnižší v pánevních rovinatých oblastech jižních a západních Čech (KLIMENT, 1995).

V příspěvku je bilancován transport plavenin v dolní partii toku řeky Svitavy na základě údajů zjištěných v hydrologickém profilu v Bílovicích nad Svitavou za období 2000 až 2009. Údaje o množství a koncentraci plavenin byly konfrontovány s údaji o výšce a vodní hodnotě sněhové pokrývky ze srážkoměrné stanice Babice nad Svitavou.



Obr. 1: Monitorovací síť kvantitativního sledování plavenin (ČHMÚ)

Fig. 1: Suspended load monitoring network



Obr. 2: Množství plavenin na vybraných povodích (monitorovací body ČHMÚ)
Fig. 2: Amount of suspended load in monitored river catchments

Metodika

Vzorky plavenin jsou odebírány v proudnici toku ručním vzorkovačem o obsahu jeden litr. Odběrem se získá integrovaný vzorek z jedné svislice. Odběry se provádějí jednou denně, při zvýšených průtocích a zákalech vody dvakrát až třikrát denně. Postupně jsou instalována i automatická vzorkovací zařízení typu ISCO 6700 SR. Samplery se používají k automatickému odběru oddělených i směsných vzorků plavenin s naprogramovaným flexibilním režimem v závislosti na zadaných podmínkách (vodní stav, zákal).

Pro vyhodnocení podílu jarního tání sněhu v ročním transportu plavenin v řece Svitavě byla použita data z odběrného profilu Bílovice nad Svitavou, který je situován v dolní části toku. Hodnoceno je desetileté období od roku 2000 do roku 2009. Konkrétně se jedná o denní data průtoku plavenin ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) a koncentrace plavenin ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). K analýze situace v povodí v období zvýšeného průtoku a koncentrace plavenin v období tání sněhu byla použita data z blízké srážkoměrné stanice Babice nad Svitavou. Konkrétně byly hodnoceny denní údaje o celkové výšce sněhu (SCE) a týdenní, resp. pondělní údaje o vodní hodnotě sněhu (SVH).

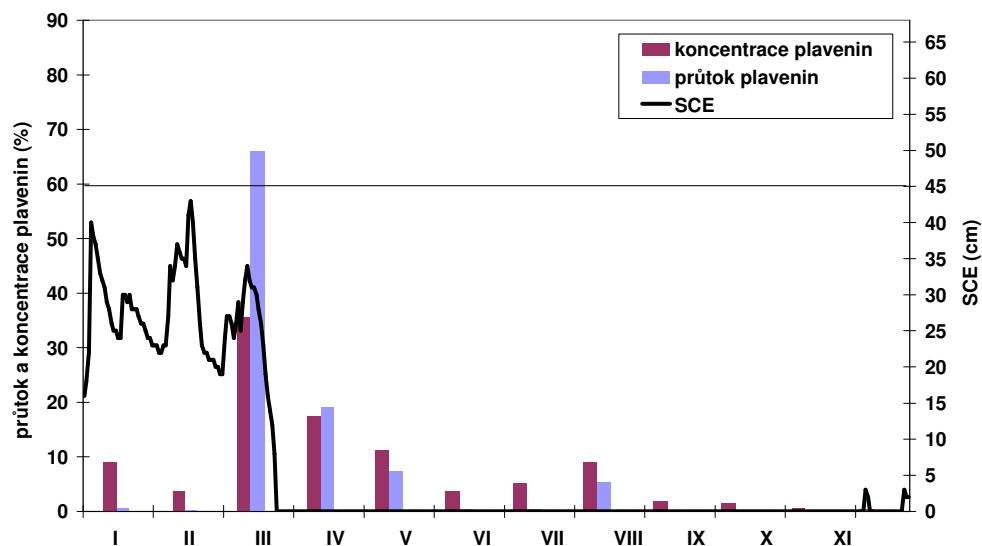
Výsledky

Roční hodnoty koncentrace a průtoku plavenin v jednotlivých letech uvádí Tab. 1.

Tab. 1: Koncentrace a průtok plavenin na monitorovací stanici Babice nad Svitavou
 Tab. 1: Concentration and flow of suspended load in Babice nad Svitavou station

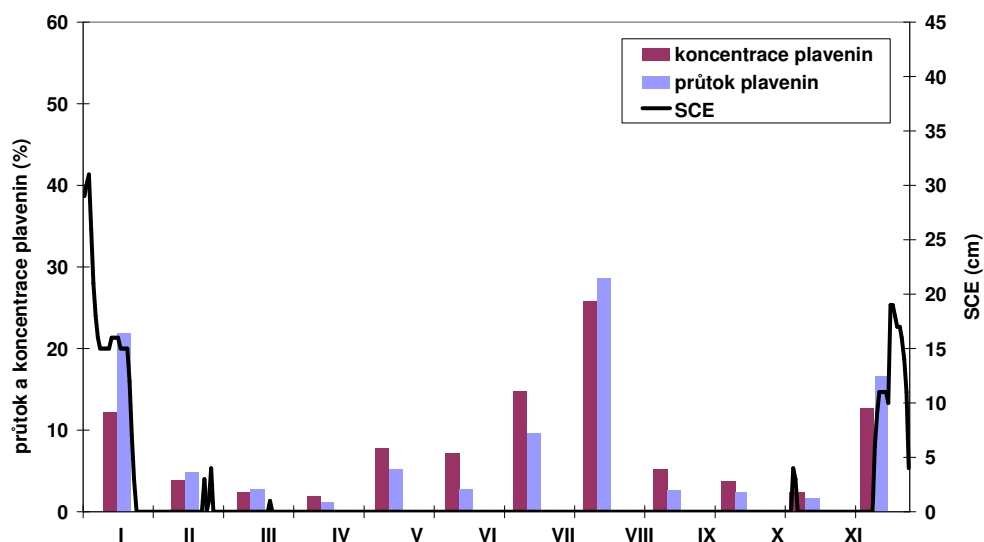
Rok	Koncentrace plavenin (mg.l^{-1})	Průtok plavenin (kg.s^{-1})
2000	11038	107
2001	9924	58
2002	11522	70
2003	12810	87
2004	8895	57
2005	8501	127
2006	15123	560
2007	6145	38
2008	3918	15
2009	12756	190

Obr. č. 3 až 5 prezentují měsíční hodnoty koncentrace a průtoku plavenin v procentech v řece Svitavě měřené v Bílovicích nad Svitavou (hlavní osa y) ve vybraných letech. Na vedlejší ose y jsou uvedeny hodnoty denní celkové výšky sněhové pokrývky v cm. Během hodnoceného desetiletí byla maximální hodnota koncentrace a průtoku plavenin v řece Svitavě v roce 2006 (Obr. 3). Tání sněhu se na ročních hodnotách průtoku a koncentrace plavenin v toku podílelo zejména v březnu, kdy roztála sněhová pokrývka o mocnosti 34 cm (v únoru dosahovala 43 cm) a vodní hodnotě 85 mm. Následkem toho bylo zaznamenáno 66 % ročního průtoku plavenin a 36 % roční koncentrace plavenin.



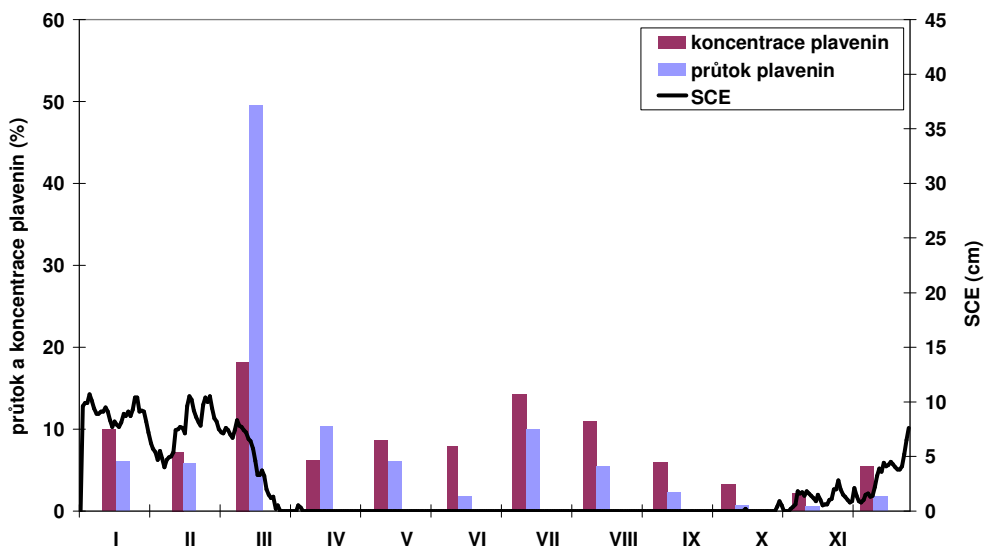
Obr. 3: Výška sněhové pokrývky, koncentrace a průtok plavenin v roce 2006
 Fig. 3: Snow depth, concentration and flow of suspended load in 2006

V lednu roku 2002 ve sledované oblasti roztálo 31 cm sněhové pokrývky o vodní hodnotě 30 mm. Lednové hodnoty průtoku plavenin jsou srovnatelné s hodnotami dosaženými v srpnu (roční maximum). Zvýšené hodnoty koncentrace a průtoku plavenin připadají na konec prosince, kdy roztálo 18 cm sněhu o vodní hodnotě 32 mm (Obr. 4).



Obr. 4: Výška sněhové pokrývky, koncentrace a průtok plavenin v roce 2002
 Fig. 4: Snow depth, concentration and flow of suspended load in 2002

Graf na Obr. 5 prezentuje průměrné měsíční úhrny koncentrace a průtoku plavenin a denní údaje o výšce sněhové pokrývky za celé hodnocené období 2000 až 2009. Z průběhu jednotlivých charakteristik jasně vyplývá, že maximum průtoku i koncentrace plavenin připadá na měsíc březen. Je zřejmé, že na transportu plavenin v tomto měsíci se velice výrazně podílí tání sněhové pokrývky, jehož účinky jsou v několika případech ještě umocněny dešťovými srážkami. Sněhová pokrývky se v zájmové oblasti v průměrném roce vyskytuje od počátku listopadu do konce března.



Obr. 5: Průměrná výška sněhové pokrývky, koncentrace a průtok plavenin v období 2000 – 2009
 Fig. 5: Average snow depth, concentration and flow of suspended load in 2000 – 2009

Závěr a diskuze

Výsledky analýzy dokazují významný vliv výskytu a tání sněhové pokrývky v ročním transportu plavenin, resp. v jejich průtoku a koncentraci. Z průběhu průměrných měsíčních úhrnů koncentrace a průtoku plavenin a denních údajů o výšce sněhové pokrývky za celé hodnocené období vyplývá, že maximum průtoku i koncentrace plavenin připadá na měsíc březen. Na transportu plavenin v tomto měsíci se výrazně podílí tání sněhové pokrývky s případným spolupůsobením dešťových srážek. Množství plavenin v toku není způsobeno pouze smyvem půdních částic z pozemků. Podílí se na něm i eroze v korytě řeky. Zvýšený průtok v období tání sněhu způsobuje též vznos sedimentů usazených v korytě v důsledku předchozích erozních událostí. Hodnoty průtoku a koncentrace plavenin, které byly zjištěny v jarním období je třeba hodnotit v kontextu situace předcházejícího roku.

Maximální množství plavenin bylo zjištěno v roce 2006 s významným podílem jarního tání sněhu v lednu až březnu, následkem čehož bylo zaznamenáno 66 % ročního průtoku plavenin a 36 % roční koncentrace plavenin. Nejnižší hodnoty koncentrace a průtoku plavenin byly zjištěny v roce 2008, kdy se prakticky nevyskytovala sněhová pokrývka. Rozdělení plavenin v jednotlivých měsících bylo víceméně rovnoměrné.

V mnoha oblastech světa je eroze půdy v důsledku působení zimních srážek v zimním období důležitou součástí roční ztráty půdy. Tání sněhu, promrzání půdy a s nimi související erozní události vykazují značnou prostorovou variabilitu. Odtok z tajícího sněhu zapříčiňuje odplavení nejurodnější vrstvy půdy, které vede k zanášení rybníků, nádrží, řek a lužních luk. Význam eroze z tajícího sněhu pro podmínky České republiky potvrzují KLIMENT, LANGHAMMER a KADLEC (2007), kteří provedli měření na čtyřech modelových povodích. Z jejich výsledků vyplývá, že zhruba jedna třetina z veškerých suspendovaných částic v tocích pochází z jarního období, třetina z letního období, čtvrtina ze zimního období a osmina z podzimního období.

OLLESCH et al. (2005) charakterizovali územní dynamiku erozních procesů a vznik sedimentů v severovýchodní oblasti Německa během tání sněhu. Z výsledků vyplývá, že povrchový odtok vzniklý v zimním období může způsobit vyšší intenzitu eroze než erozní procesy v teplém půlroce. Popisované tání sněhu v kombinaci se zmrzlou půdou je charakterizováno koncentrací sedimentů, která je až 40 krát vyšší než u povrchového odtoku vody po nezamrzlé půdě.

Resume

A balance of suspended load in a lower reach of Svitava river was evaluated on the basis of Czech hydrometeorological institute data. Concentration and a flow of suspended load from hydrological profile of Bílovice nad Svitavou from the period 1991 to 2000 were compared with snow depth and snow water content from the Babice nad Svitavou meteorological station. This station is situated about 5 km north of the river upstream. Transport of suspended load caused by snow melting is significant and mostly exceeds a value from any other rainfall throughout the year. Monthly maximum concentration and flow of suspended load occurs in March. Erosion caused by melting snow probably plays a significant role in surface water pollution by insoluble.

Keywords: Snow-melt, suspended load concentration and flow, erosion

Dedikace

Článek vznikl s podporou projektu MŠMT č. 2B06101 s názvem „Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity“.

Použitá literatura

DEMIDOV, V. et al. 1995. Seasonal freezing and soil erosion during snowmelt. *Eurasian Soil Science*, 28: 78–87.

EDWARDS, L., et al. 1998. Measurement of rill erosion by snowmelt on potatoe fields under rotation in Prince Edward Island (Canada). *Canadian Journal of Soil Science* 78: 449–458.

KLIMENT, Z. 2005. Plaveniny jako produkt a indikátor vodní eroze půdy v geograficky rozdílných podmínkách České republiky. *J. Hydrol. Hydromech.*, 53, 4, 231-244.

KLIMENT Z., 1995. Balance of the suspended sediments in the Czech Republic. Sborník IGU konference “Environment and Quality of Life in Central Europe: Problems of Transition”, Praha, 22.–26. 8. 1994.

KLIMENT, Z., LANGHAMMER, J., KADLEC, J. 2007. Suspended sediment load and soil erosion processes in mesoscale catchment areas. In *Geomorphological Variations*. 1. vyd. Praha: P3K, 2007. s. 221-252. ISBN 978-80-903584-6-1

LUNDEKVAM, H. 2002. EROTOR/USLENO- Empirical erosion models for Norwegian conditions. Report no.6/2002 from Agricultural University of Norway.

OLLESCH, G., SUKHANOVSKI, Y., KISTNER, I., RODE, M., MEISSNER, R. 2005. Characterization and modelling of the spatial heterogeneity of snowmelt erosion. *Earth Surface Processes and Landforms* 30, 197–211.

ROBINSON, A., R. (1977) Relationship between soil erosion and sediment delivery. *Erosion and Solid Matter Transport in Inland Watters Symposium, IAMS-AISH, USA*, p. 159–167.

PROSTOROVÁ ANALÝZA SNĚHOVÝCH DAT

Martin Stříž, Luboš Němec

Český hydrometeorologický ústav

Úvod

Prostorovou analýzou sněhových dat se ČHMÚ zabývá již několik let, ale zimní sezóna 2005/2006 nám dala nový impuls, abychom se touto problematikou zabývali ještě intenzivněji a pokusili se najít nové metody, pomocí kterých bychom zpřesnili odhady v místech, ve kterých nemáme k dispozici meteorologické stanice.

Existuje veliké množství interpolačních metod od jednoduchých (IDW, Spline) po složitější (Kriging, Co-Kriging) včetně autory vytvořeného algoritmu (MWLR). Základní popis interpolačních metod používaných v ČHMÚ a následně testování těchto metod pomocí objektivní metody (křížová validace) je hlavním tématem tohoto článku

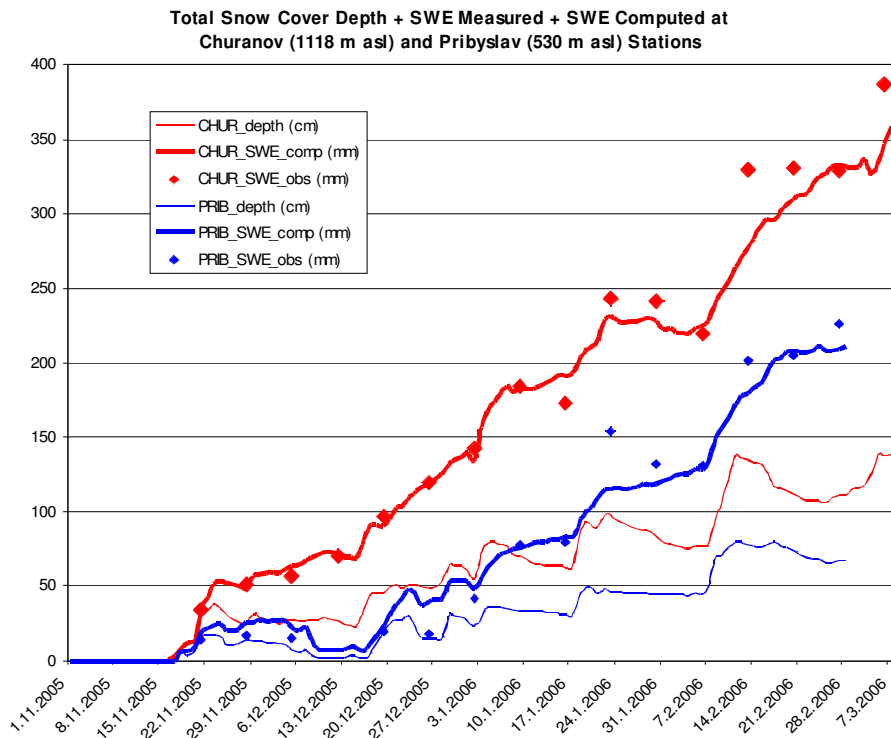
Motivace

Extrémní hodnoty sněhové pokrývky v zimní sezóně 2005/ 2006 v České republice, které mělo za následky zničení mnoho střech vlivem zatížení sněhem a následné rychlé oteplení na přelomu března a dubna 2006, které způsobilo jarní záplavy, bylo pro nás jeden z hlavních faktorů, abychom se více zajímali o zlepšení odhadů plošného rozložení sněhové pokrývky. Zaměřili jsme se na dva hlavní úkoly. Zlepšení hydrologického monitorování a zpracování dlouhodobých (klimatologických) charakteristik sněhové pokrývky.

Operativní hydrologické monitorování

Pro účely hydrologického monitorování bylo potřeba vyřešit problém s hustotou měřících bodů (meteorologické stanice), které měří sněhovou pokrývkou a to zejména vodní hodnotu sněhu (SVH). Vodní hodnota sněhu se měří manuálně pomocí sněhoměru na vybraných meteorologických stanicích v nedostačujícím prostorovém i časovém (1x týdně) a častokrát v profilech, které nejsou moc reprezentativní. Z těchto důvodů jsme potřebovali „něco lepšího“ a tak byla vytvořena matematická rovnice (Němec L., 2010) , která počítá vodní hodnotu sněhu pomocí empirického algoritmu z jiných meteorologických prvků (denní úhrn srážek, výška nového sněhu, celková výška sněhu, průměrný denní tlak par).

Využitím výše uvedené rovnice jsme docílili toho, že se nám zhustila síť meteorologických stanic pro které máme v denním kroku vypočtenou vodní hodnotu sněhu. Na grafu (Obr. 1) je porovnání vodní hodnoty sněhu měřené sněhoměrem s vodní hodnotou vypočtenou podle výše uvedené rovnice.



Obr. 1 SVH měřená sněhoměrem (body) a vypočtená hodnota SVH (tlusté čáry) na stanici **Churáňov** (1118 m.n.m) a stanici **Přibyslav** (530 m.n.m)

Fig. 1 SWE measured (points) a computed (bold lines) at **Churanov** (1118 m. a.s.l.) and **Pribyslav** (530 m a.s.l.)

Klimatologické zpracování sněhových dat

Zimní sezóna 2005/2006 a extrémní hodnoty sněhu měla za následky zničení mnoha střešních konstrukcí vlivem zatížení sněhem. Na základě těchto událostí se začal zvyšovat tlak projektantů střešních konstrukcí na vytvoření nových klimatologických podkladů (mapa zatížení sněhem v České republice). V rámci projektu (GAČR 103/08/0589) jsme se zabývali zpracováním dlouhodobých charakteristik sněhové pokrývky a hlavně plošnou interpolací těchto dat v prostředí GIS.

Na základě dosažených výsledků jsme pro plošnou interpolaci průměru sezónních maximální vodní hodnoty sněhu použili námi vytvořenou interpolační metodu MWLR (Stříž M.,2009) jejíž algoritmus je uvedený dále v textu. Vypočtená data jsme zaimplementovali do internetové aplikace [1], která velice jednoduchým způsobem umožní získat tato data v horizontálním rozlišení 100 metrů.

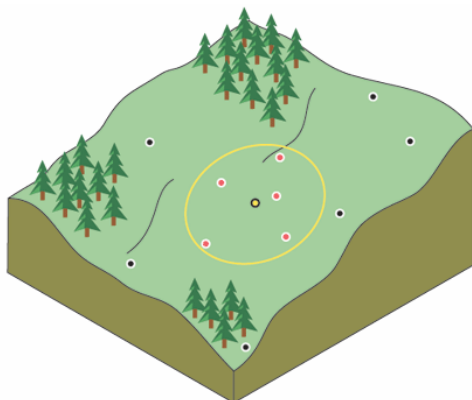
Popis interpolačních metod

Pro účely prostorové analýzy sněhových dat v Českém hydrologickém ústavu používáme tyto interpolační metody:

1. **jedno parametrické** interpolační metody (naměřená hodnota)
 - Metoda inverzních vzdáleností (IDW)
2. **dvou parametrické** modely (naměřená hodnota, nadmořská výška)
 - Regresní modely (n.v.)
 - DEM (Stříž M., 2005)
 - Orografická interpolace (Šercl P., 2008) dále v textu uvedena jako DEM2
3. **více parametrické** modely
 - MWLR (Stříž M., 2009)

Metoda IDW

Jedná se základní interpolační metodu, která vypočítá v daném bodě (Obr. 2 žlutý bod) vážený průměr z naměřených hodnot z okolních stanic (červené body) v definovaném okolí (žlutý kruh), kde váhou je inverzní vzdálenost tj. bližší stanice mají větší váhu než stanice vzdálenější.



$$\text{odhad} = \frac{\sum \frac{v}{(h+s)^p}}{\sum \frac{1}{(h+s)^p}}$$

v je hodnota v okolním době (meteorologické stanici)
 h je vzdálenost mezi odhadovaným bodem a meteorologickou stanicí
 s je faktor shlazení (standartně 0)
 p je faktor přiblížení (standartně 2)

Obr. 2 Metoda IDW schéma

Fig. 2 IDW method scheme

Metoda DEM

Metoda DEM je založená na lineární regresí mezi naměřenou hodnotou a její nadmořskou výškou, tedy

$$Y = a + bX$$

a, b jsou regresní koeficienty

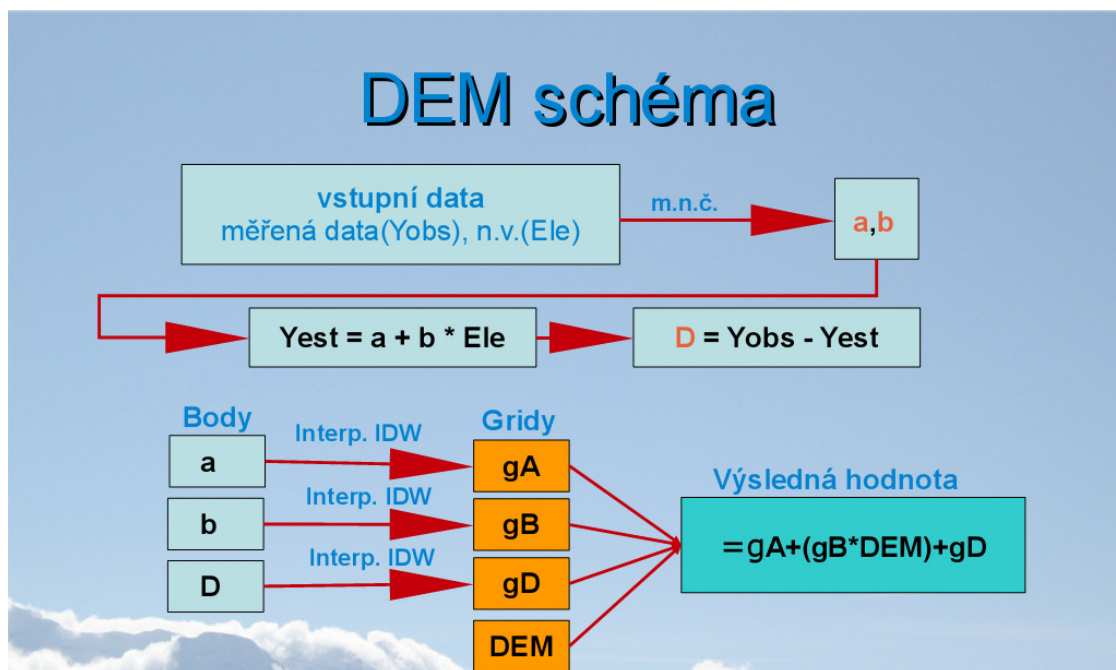
Y je naměřená hodnota např. vodní hodnota sněhu naměřená na meteorologické stanici

X je nadmořská výška meteorologické stanice

Lineární regrese se nepočítá ze všech dostupných meteorologických stanic, ale pouze se stanic, které jsou v daném okolí např. ve vzdálenosti 80 km => jedná se o lokální lineární regresi.

Popis algoritmu:

1. výpočet regresních koeficientů a,b pro každou stanicí na základě numerických metod (metoda nejmenších čtverců)
2. výpočet hodnoty residua d pro každou stanicí tj. rozdíl mezi naměřenou a regresním modelem odhadnutou hodnotou
3. interpolace bodových parametrů a,b,d do plochy pomocí metody IDW
4. výpočet výsledné hodnoty pomocí mapové algebry s využitím digitálního modelu terénu (DEM)



Obr. 3 Grafické schéma interpolační metody DEM

Fig. 3 Graphical scheme of DEM interpolation method

Metoda DEM2

Metoda DEM2 (Šercl P., 2008) je vážený průměr dvou předcházejících metod (IDW a DEM), kde váhou průměru je koeficient determinace lineární regrese. Tedy v místech kde lineární model dobře vystihuje dané okolí (vysoké R2), tak výsledná hodnota bude více podobná hodnotě z lineárního modelu (g1) a naopak

$$gF = (gR2 * g1) + (1 - gR2 * g2)$$

gF je výsledná hodnota

gR2 je hodnota koeficientu determinace R2 [0..1]

g1 je hodnota vypočtena metodou DEM

g2 je hodnota vypočtena metodou IDW

Metoda MWLR

Metoda MWLR (Multiple Weighted Linear Regression) je založena na metodě PRISM (Daly et al. 1997). MWLR je lokální lineární regrese (n.v.), ale hlavní princip je v nalezení „nejlepších“ okolních stanic, ze kterých se bude lineární regrese počítat. Nejdříve se provede výběr nejvhodnějších stanic (podobný tvar terénu, nejmenší vzdálenost), který je určen vahou okolních stanic. Každé stanici se přiřadí váha W podle následujícího vzorce:

$$W = w_h \cdot W_{hd} + w_v \cdot W_v + w_{a1} \cdot W_{a1} + w_{a2} \cdot W_{a2} + w_{c1} \cdot W_{c1} + w_{c2} \cdot W_{c2}$$

W_{hd} je váha horizontální vzdálenosti mezi gridovým bodem a danou stanicí.

W_v je váha vertikální vzdálenosti mezi gridovým bodem a danou stanicí.

W_{a1} , W_{a2} jsou váhy orientace a sklonu svahu mezi gridovým bodem a danou stanicí.

W_{c1} , W_{c2} jsou váhy konvexnosti terénu mezi gridovým bodem a danou stanicí.

w_h , w_v , w_{a1} , w_{a2} , w_{c1} , w_{c2} jsou volitelné koeficienty, jejichž součet je roven jedné.

Váhy orientace a sklonu a konvexnosti se určují ve dvou volitelných rozměrech (pro mapu zatížení byly použity hodnoty 500 m a 3000 m).

$$W_h = \frac{C1}{(C1 + h^{C2})}$$

h je horizontální vzdálenost stanice (km)

$C1$ je nastavitelná konstanta

$C2$ je nastavitelná konstanta

$$W_v = \frac{C3}{(C3 + v^{C4})}$$

v je vertikální vzdálenost stanice (m)

$C3$ je nastavitelná konstanta

$C4$ je nastavitelná konstanta

$$W_A = \left[1 - \frac{\sqrt{((\sin \alpha_1 \cdot \cos \beta_1) - (\sin \alpha_2 \cdot \cos \beta_2))^2 + ((\sin \alpha_1 \cdot \sin \beta_1) - (\sin \alpha_2 \cdot \sin \beta_2))^2}}{2} \right]^{C5}$$

α_1 je sklon terénu gridového bodu ve stupních

α_2 je sklon terénu stanice ve stupních

β_1 je azimut terénu gridového bodu ve stupních

β_2 je azimut terénu stanice ve stupních

$C5$ je nastavitelná konstanta

$$W_c = \left(\frac{1}{1 + |K_1 - K_2|} \right)^{C6}$$

kde K_1 je křivost terénu v gridovém poli

K_2 je křivost terénu v místě dané stanice

$C6$ je konstanta

Výpočet K_1 , K_2 , α_1 , α_2 , β_1 , β_2 je popsán v [4]

Jakmile jsou pro daný gridový bod vypočteny pro všechny stanice celkové váhy, tak se do regresní analýzy vybere n (10) stanic s nejvyšší vahou. Z těchto vybraných stanic se pro daný gridový bod pomocí metody nejmenších čtverců vypočte regresní vztah a po dosažení nadmořské výšky v gridovém bodě se získá odhadnutá hodnota prvku v daném gridovém bodě.

V případě mapy zatížení sněhem to bylo v závislosti na nadmořské výšce, lze však počítat i v závislosti na jiné veličině. Je logické, že když se počítá regresní vztah na nadmořské výšce, je volitelný koeficient w_h položen roven 0. MWLR umožňuje plošnou interpolaci rozdílů hodnot naměřených a vypočtených na stanicích a opravu (v rozsahu 0 až 100 %) přičíst k hodnotám získaným regresí. V případě mapy zatížení sněhem nebyla tato oprava použita. Vzhledem k danému výběru nejvhodnějších stanic se může vypočtená hodnota v oblastech s výraznou konfigurací terénu v sousedních bodech nezanedbatelně lišit.

Test interpolačních metod

Testování výše uvedených interpolačních metod jsme prováděli nad vzorkem dat o počtu 1185 bodů, které obsahovaly průměr sezónních maxim vodní hodnoty sněhu (celkem 48 sezón od sezóny 1961/1962 až po sezónu 2008/2009). Z časový důvodu bylo zvoleno rozlišení 500 metrů. Metody byly testované pomocí křížové validace a modifikované verze křížové validace.

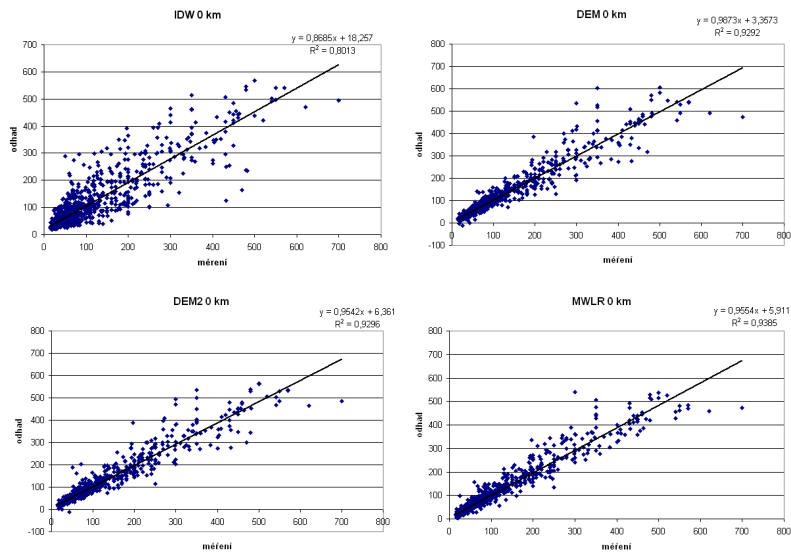
Křížová (krosová) validace je postup jak lze objektivně testovat interpolační metody. Je založena na tom, že pro každý kontrolovaný bod (meteorologická stanice) se provede odhad pomocí zvolené interpolační metody, ale hodnota naměřené veličiny na testované stanici se z výpočtu odstraní. Výhodou tohoto postupu je, že se testuje každá stanice a naopak nevýhodou je časová náročnost testu. Při průměrné době jednoho výpočtu cca 1 minuta se celkový čas testu rovná $1185 * 1 \text{ minut} \Rightarrow$ cca 20 hodin strojového času. Výsledky křížové validace jsou znázorněny na obr. 4.

Dále jsem pro každou metodu provedl 3 varianty upravené křížové validace, abych mohl nasimulovat chování dané interpolační metody v různě husté síti meteorologických stanic:

- KV5 křížová validace do výpočtů nevstupuje testovaná stanice a také stanice v okruhu 5 km (Obr. 5)
- KV10 křížová validace do výpočtů nevstupuje testovaná stanice a také stanice v okruhu 10 km (Obr. 6)
- KV20 křížová validace do výpočtů nevstupuje testovaná stanice a také stanice v okruhu 20 km (Obr. 7)

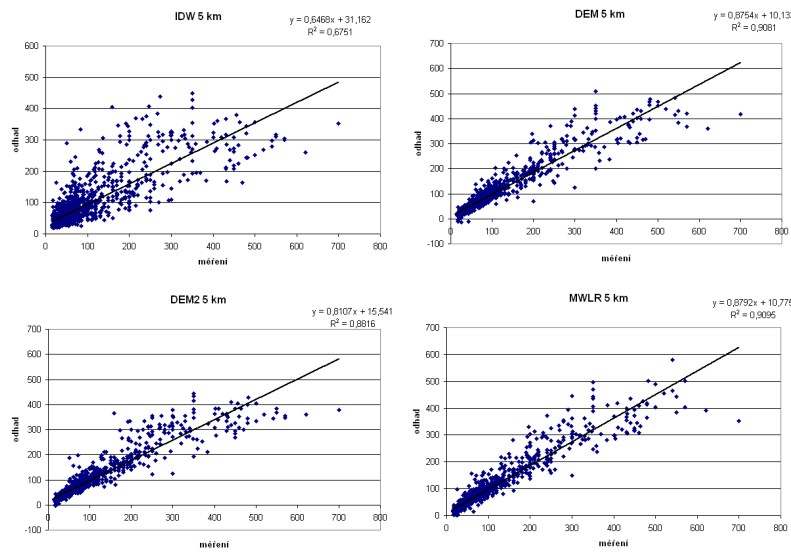
Z dat, získaných validací jsem vypočet základní statistické charakteristiky v programu MS Excel (Obr. 8), které byly zvolené jako testovací kritéria:

- Korelační koeficient (Correl) mezi naměřenou a odhadnutou hodnotou
- Směrodatná odchylka (Stdeva)
- Průměrná odchylka (Prumer)
- Maximální záporná odchylka (MIN) tj. nadhodnocený odhad
- Maximální kladná odchylka (MAX) tj. podhodnocený odhad



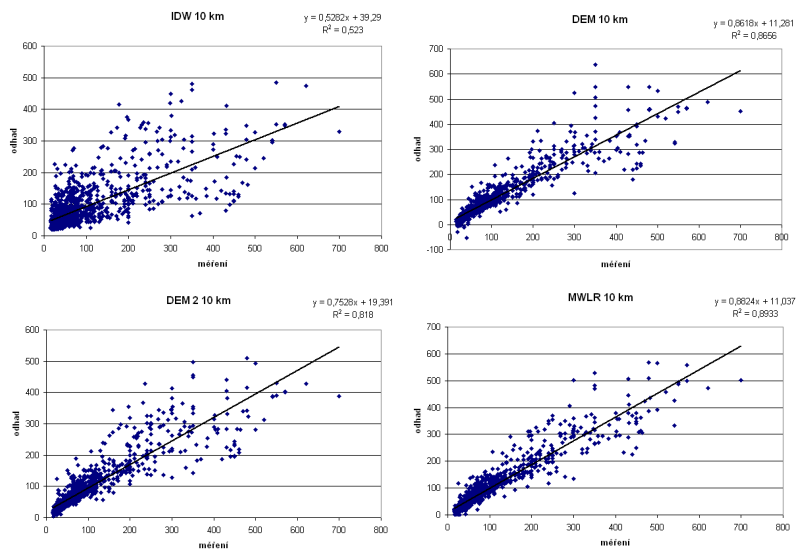
Obr. 4 Výsledky křížové validace metod IDW,DEM, DEM2, MWLR osa x naměřené hodnoty, osa y odhadnuté hodnoty interpolací

Fig. 4 Cross validation result for IDW, DEM, DEM2, MWLR x-axis measured values, y-axis estimated values



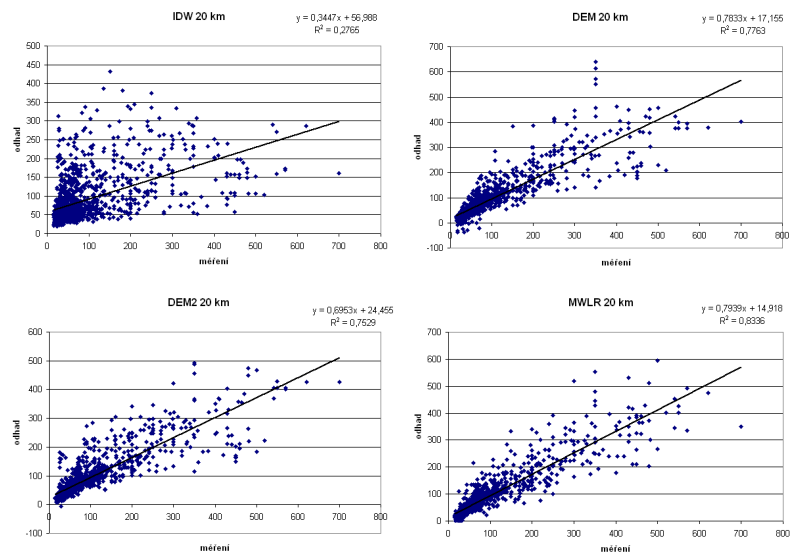
Obr. 5 Modifikované křížové validace KV5 metod IDW,DEM, DEM2, MWLR, osa x naměřené hodnoty, osa y odhadnuté hodnoty interpolací

Fig. 5 Modified Cross validation KV5 result for IDW, DEM, DEM2, MWLR, x-axis measured values, y-axis estimated values



Obr. 6 Modifikované křížové validace KV10 metod IDW,DEM, DEM2, MWLR, osa x naměřené hodnoty, osa y odhadnuté hodnoty interpolací

Fig. 6 Modified Cross validation KV10 result for IDW, DEM, DEM2, MWLR, x-axis measured values, y-axis estimated values



Obr. 7 Modifikované křížové validace KV20 metod IDW,DEM, DEM2, MWLR, osa x naměřené hodnoty, osa y odhadnuté hodnoty interpolací

Fig. 7 Modified Cross validation KV20 result for IDW, DEM, DEM2, MWLR, x-axis measured values, y-axis estimated values

	Testované kritéria				Umístění				Body				
	IDW	DEM	DEM2	MWLR	IDW	DEM	DEM2	MWLR	IDW	DEM	DEM2	MWLR	
CORREL													
0 km	0,89	0,96	0,96	0,97	3	2	2	1	15	30	30	60	
5km	0,82	0,95	0,94	0,95	3	1	2	1	15	60	30	60	
10km	0,72	0,93	0,9	0,95	4	2	3	1	0	30	15	60	
20km	0,53	0,88	0,87	0,91	4	2	3	1	0	30	15	60	
STDEVA													
0 km	46,9	28,1	27,46	25,6	4	3	2	1	0	5	10	20	
5km	58,9	31,4	36,3	31,2	4	2	3	1	0	10	5	20	
10km	71,2	37,8	44,6	33,7	4	2	3	1	0	10	5	20	
20km	88,7	48,7	51,7	42,3	4	2	3	1	0	10	5	20	
PRUMER													
0 km	27,1	19,9	13,7	13,5	4	3	2	1	0	2,5	5	10	
5km	34,6	15,8	17,9	15,6	4	2	3	1	0	5	2,5	10	
10km	43,4	18,6	23,1	17,6	4	2	3	1	0	5	2,5	10	
20km	53,7	25,3	27,8	23,2	4	2	3	1	0	5	2,5	10	
MIN													
0 km	240	253	194	239	3	4	1	2	1,25	0	5	2,5	
5km	250	159	207	147	4	2	3	1	0	2,5	1,25	5	
10km	237	288	193	203	3	4	1	2	1,25	0	5	2,5	
20km	287	291	184	219	3	4	1	2	1,25	0	5	2,5	
MAX													
0 km	309	277	215	227	4	3	1	2	0	1,25	5	2,5	
5km	361	282	322	347	4	1	2	3	0	5	2,5	1,25	
10km	370	259	311	215	4	2	3	1	0	2,5	1,25	5	
20km	539	311	316	349	4	1	2	3	0	5	2,5	1,25	
									Celkové skóre	33,75	218,75	155	382,5

Obr. 8 Výběr statistických charakteristik pro testované metody a celkové zhodnocení. Nejlepší byla metoda MWLR (385 bodů)

Fig. 8 Selected statistical characteristics for tested methods. The best was MWLR with 382 points

Závěr

V článku jsme představili jaké máme v současnosti možnosti při prostorové analýze sněhových dat v Českém hydrometeorologickém ústavu. Popsali jsem co nás motivovalo zabývat se detailněji analýzou těchto dat a popsali jsem interpolační nástroje dostupné v ČHMÚ. Článek se mimo jiné také zabývá objektivním testem vybraných interpolačních metod a grafickému zhodnocení dosažených výsledků.

Na základě provedených testů interpolačních metod jsem zvolili metodu MWLR pro výpočet prostorového rozložení dlouhodobého průměru ročních maxim vodní hodnoty sněhu. Tyto výstupy jsou implementovány v internetové aplikaci (Křivý, V., Stříž, M., 2010) [1], která umožní uživateli zjistit vypočtenou hodnotu průměrných maxim vodní hodnoty v jakémkoliv bodě v České republice s krokem 100m. Další možným příkladem použití MWLR jsou automatizovaně generované mapy vybraných meteorologických prvků publikované na internetových stránkách ČHMÚ [2]. Do budoucna se autor pokusí provést test interpolačních metod s menším časovým rozlišením např. denní data, měsíční data.

Resumé

The paper described current possibilities for snow cover spatial analyses in Czech Hydrometeorological Institute. We described our motivation why we analyse more detailedly distribution of snow cover, especially snow water equivalent (SWE) and described tools for spatial analyses, which we can commonly use in Czech Hydrometeorological Institute. The paper described main interpolation methods like IDW, DEM, DEM2 and MWLR and showed results from Cross Validation for each one. Some practical uses of our work like internet application called Map of Snow Load in Czech Republic (Křivý, V., Stříž, M., 2010) [1] or Maps of selected meteorological elements calculated by MWLR, published on Czech Meteorological Institute web portal [2]. One of the tasks for the future will be to prepare tests of interpolation methods but with smaller temporal resolution like monthly, daily data.

Poděkování

Citovaná práce byla podporována ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky, registrační číslo projektu 103/08/0589.

Literatúra

- Daly, C., R. P. Neilson, and D. L. Phillips, 1994: A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *J. Appl. Meteor.*, 33, 140–158.
- Křivý, V., Stříž, M., 2010: Digital ground snow load map for the area of the Czech Republic. Ve Sborníku vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava, číslo 1, rok 2010, řada stavební. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební.
- Němec, L., 2010: Příprava map charakteristik zatížení sněhem, XI. Celostátní Konference Spolehlivost konstrukcí, Plzeň 2010, Sborník
- Stříž, M., 2009: Multiple Weighted Linear Regression, Popis metody pro účely analýzy sněhu. Interní návod ČHMÚ pro práci v prostředí GIS, Ostrava 2009
- Stříž, M., 2005: CLIDATA-DEM, Popis metody pro účely analýzy klimatických dat. Interní návod ČHMÚ pro práci v prostředí GIS, Ostrava 2005
- Šercl, P., 2008: Hodnocení metod odhadu plošných srážek. *Meteorologické Zprávy*, roč. 61, č. 2, s. 33–43. ISSN 0026-1173.

[1] www.snehovamapa.cz

[2] <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/OMK/mapy/prohlizec.html?map=T>