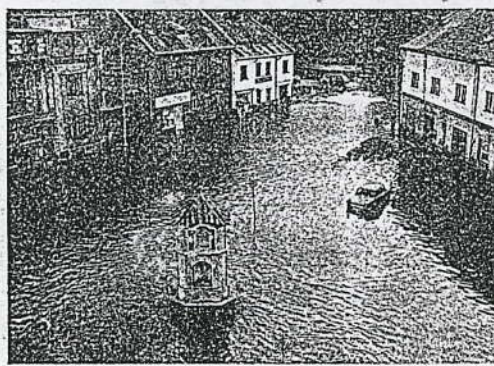


ZPRÁVA O POVODNI V PROSINCI ROKU 1993



Pohled z „Daliborky“ přes Boží muka nedaleko známé lávny Solo ukazuje, kam až dosáhla voda řeky Otavy v úterý 22. prosince 1993.

Český hydrometeorologický ústav
pobočka České Budějovice

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV

Pobočka České Budějovice

370 07 ČESKÉ BUDĚJOVICE, A. Slaška 32

Zpracoval: ing. Petr Lett a kolektiv pracovníků
pobočky ČHMÚ v Českých Budějovicích

ÚVOD

Ve druhé polovině prosince r. 1993 proběhla na povodí horní Vltavy, Otavy a jejich přítoků významná povodňová situace, která patrně svým významem překračuje běžný rámec tohoto jevu v daném ročním období. Na mnoha stanicích bylo dosaženo kulminačních průtoků překračujících všechny dosud pozorované.

METEOROLOGICKÁ SITUACE

Zatímco v listopadu 1993 určovala povětrnostní situaci blokující kontinentální anticyklóna nad východní Evropou, nastoupila na začátku prosince západní zonální cirkulace, která se jen s krátkými přerušeními udržela až do konce měsíce. V období od 2. do 18.12. přešlo přes naše území celkem 5 teplých, 7 studených a 2 okluzní fronty a spolu s nimi k nám proudil oceánský vzduch. Počasí bylo relativně teplé, vlhké a větrné. Časté, téměř každodenní srážky byly výrazně ovlivňovány orografií, přičemž největší množství spadlo v pohraničním pásmu Šumavy, a to od 100 do 150 mm, kdežto v závětrí Šumavy byla jejich vydatnost zhruba 10 krát slabší. Vzhledem k teplotám se srážky akumulovaly ve sněhové pokrývce jen ve vyšších horských polohách, ve výškách nad 1000 m, a zásoby vody zde v polovině prosince dosahovaly odhadem 100 až 200 mm.

Dne 19.12.1993 postupoval z Atlantiku nad evropský kontinent další frontální systém spojený s hlubokou cyklónou 950 hPa nad Norským mořem. Jeho teplá fronta přecházela přes jižní Čechy v odpoledních a podvečerních hodinách a byla doprovázena trvalým deštěm, a to i v nejvyšších polohách Šumavy. Za frontou v teplém sektoru srážky zeslábly a místy i ustávaly. K jejich zesílení došlo opět ve druhé polovině noci (20.12.), před přibližující se studenou frontou (viz též obr.1), která začala přecházet popisovavý jihočeský region od severozápadu kolem 6.hodiny. Protože linie fronty byla téměř paralelní s výškovým západním prouděním, její postup k jihu se během dopoledne zastavil přibližně na čáře Nová Pec - Č. Krumlov - Nové Hrady a zde pak zůstala bez výraznějšího pohybu až do večerních hodin, kdy po ní prošla velmi plochá frontální vlna. V nočních hodinách se frontální rozhraní zvolna posunovalo zpět k severu. Po celé období po obou stranách jeho přízemní linie, intenzivněji ale na studené straně, vypadávaly trvalé srážky ve formě deště. V severní polovině regionu a krátce i v nejvyšších polohách Šumavy padal déšť se sněhem, na severu přechodně i sníh. Horizontální teplotní kontrast byl mimořádně velký a nejlépe ho dokumentují teploty ve 21 hodin dne 20.12.: Vyšší Brod 10,8°, Č.Krumlov 10,4°, Č.Budějovice 3,2°, Tábor 0,7° a Kocelovice 0,5 °C. Na teplé straně rozhraní vanul čerstvý až silný jihozápadní až západní vítr o průměrné rychlosti 8 až 15 m/s, kdežto na studené straně slabý vítr proměnlivého směru o rychlosti do 4 m/s. Dne 21.12. k ránu se dostala postupně i severní část regionu do teplého sektoru v souvislosti s postupem okludující frontální vlny od západu. Studená fronta této vlny prošla od západu rychle přes celý region mezi 6. a 8. hodinou, trvalé srážky přešly v přehánky, na horách v polohách nad 1000 až 1100 m sněhové. Intenzita srážek za studenou frontou rychle zes-

lábla a spolu s poklesem teploty to znamenalo náhlé ukončení příčin mimořádných odtokových podmínek v oblasti Šumavy. Průběh základních meteorologických prvků na stanicích Churáňov (1118 m) a Kocelovice (519 m) je znázorněn graficky na obr. 2. Zajímavé jsou i údaje ze zpráv SYNOP na stanici Grosser Arber (1456 m); zde např. v nejkritičtějším období, t.j. 20.12. večer a v noci na 21., se pohybovala teplota vzduchu kolem $+4^{\circ}\text{C}$, rychlost západního větru kolem 20 m/s a nárazy až 35 m/s, za noc spadlo 29 mm srážek ve formě deště.

Ze synoptického hlediska byla celá situace významná zejména mimořádným množstvím srážek, z hydrologického hlediska pak časově synchronním nástupem všech faktorů, t.j. srážek, kladné teploty a silného větru. Na prosinec neobvykle vydatné srážky, které spadly i v nižších polohách, byly na Šumavě orograficky dále zesíleny, takže mnoho stanic překročilo dne 20.12. dosud zaznamenaná maxima prosincových jednodenních úhrnů. Nejvíce, 94,4 mm, bylo naměřeno na Kvildě, řada dalších stanic v centrální Šumavě měla mezi 70 a 80 mm. Dvoudenní úhrny za 19. a 20.12., které zachycují prakticky celou srážkovou situaci bezprostředně související s odtokem, jsou analyzovány na obr.3. Zde je patrná poloha pásma maximálních úhrnů, i když zůstává otázkou množství srážek v předpokládaném jádru v povodí horní Vydry (Luzný a Roklanský potok), kde měření citelně chybí. Navíc je nespolehlivý (zřejmě podceněný) údaj z Filipovy Huti, kde byl údajně srážkoměr v rozmočené půdě povalen větrem. Zajímavé je celkem rovnoměrné rozložení srážek na většině území jihočeského regionu, stejně tak jako poloha minima v Novohradských horách. Mimořádná intenzita srážek souvisela s výstupnými pohyby podél frontálního rozhraní, které bylo velice výrazné, zhruba 24 hodin se udržovalo právě nad jižními Čechami a zároveň leželo ve výrazné západní frontální zóně, v ose jet streamu. Podle aerologických výstupů v Praze-Libuši dosahovaly rychlosti proudění v hladině 500 hPa (t.j. ve výšce asi 5,5 km) 40-45 m/s, maximální rychlosti v ose jetu ve výšce kolem 10 km dosáhly dne 21.12. ve 13 hodin hodnoty 86 m/s.

VÝCHOZÍ PODMÍNKY NA POVODÍ

SNĚHOVÁ SITUACE

Celé povodí Vltavy až po hráz VD Orlík bylo před povodní prakticky beze sněhu s výjimkou Křemelné, Vydry, Teplé a Studené Vltavy a nepatrných území horních toků některých jiných řek (Voynky, Blanice, Ostružné, ...). Ze sítě stanic ČHMÚ zaznamenaly 20.12.1993 ráno významnější sněhovou pokrývku pouze tři - Kvilda, Filipova Huť a Prášily. Významnější sněhová pokrývka byla patrně též na pohraničním hřebeni Šumavy počínaje Smrčinou až po prameny Teplé Vltavy, avšak její rozsah a množství zásoby vody ve sněhu bylo možné určit až zpětně a nepřímo z odteklého objemu a odvozených vztahů mezi srážkou a odtokem. Síť stanic v povodí po VD Lipno reprezentuje pouze nejnižší údolní lokality a v obdobných situacích nedává žádnou možnost přesnějšího určení množství sněhových zásob na povodí po Lipno. Na obr. 4 je výše popsána situace znázorněna graficky ve formě předpokládaných izochar zásob vody ve sněhu k rannímu termínu dne 20.12.1993. Bohužel vyhodnocování

zásob vody ve sněhu se provádí pouze v pondělí, proto tento zachycený termín ukazuje situaci již mnoho hodin po počátku masivního tání. Jaké bylo rozložení vodních hodnot k počátku povodňové situace nám není známo a můžeme pouze odhadovat, že mohla být asi o 10 až 30 milimetrů vyšší. Předpokládáme největší úbytek sněhu ve výškové zóně 800 až 1000 metrů v údolích na povodí Teplé a Studené Vltavy. Velmi silné tání před pondělním termínem bylo hlášeno i z Práší.

NASYCENÍ POVODÍ

Průběh srážek za předcházející období svědčil o vysokém nasycení povodí až po Rejštejn a poněkud nižším na Vltavě po Lipno. Na ostatních částech povodí bylo nasycení před povodní nevýznamné a ve svém důsledku ani nepřispělo k tak významným odtokům jako na tocích Šumavy. Klasický výpočet UPS (ukazatele předchozích srážek, API faktoru) nemohl v tomto ročním období při panujících teplotách přinést rozumný výsledek vzhledem k promrzání půdy, tvorbě sněhové pokrývky a jejího postupného odtávání.

SÍŤ VODOMĚRNÝCH STANIC

Pozorovací síť vodoměrných stanic ČHMÚ byla k začátku povodně v dobrém stavu; až na jednu výjimku (Lenora - rekonstrukce) všechny vodoměrné stanice byly v plném provozu a kromě jedné další (Český Krumlov) nedošlo během povodně k významnějším výpadkům v záznamech pozorování.

HLÁSNÉ STANICE

Nejvýznamnější poruchou v práci hydrologické prognózní činnosti byl výpadek v pravidelných hlášeních ze stanice Bechyně na Lužnici jako důsledek výměny pozorovatelů a dříve sjednaného přesunu telefonního přístroje z bytu pozorovatele do limnigrafické stanice.

PRŮBĚH POVODNĚ

MECHANISMUS VZNIKU POVODNĚ

Povodeň ve svých nejvýznamnějších projevech ve vrcholové části Šumavy vděčila za svou mimořádnou velikost (N-letosti na jednotlivých pozorovaných povodích se blížily či přesahovaly 100 letou hodnotu - Lenora, Chlum na Teplé Vltavě, Modrava na Vydře) zejména jednomu faktoru: sněhové pokrývce právě takové vodní hodnoty a tepelné kapacity, že její valnou většinu dokázala následující větrná, teplá a deštivá situace přeměnit v roztálou vodu, která posloužila v zimních podmínkách minimálních odtokových ztrát k vytvoření maximálního nasycení výše položených povodí a následující velmi intenzivní dešťové srážky již logicky vytvořily rozhodující vrcholovou část povodňové vlny. Kdyby byla te-

pevná kapacita sněhové pokrývky výrazně větší (při výrazně větší vodní hodnotě), nedokázaly by ji ani dešťové srážky s větrem a kladnými teplotami roztavit a patrně by sněhová pokrývka dokázala nemalou část kapalných srážek v sobě akumulovat a pro odtok zadržet. Naopak při slabší sněhové pokrývce nastane zjevně povodeň výrazně slabší s méně významným odtokem. Zde je na místě připomenout situaci na povodí Volyňky a Blanice, kde vývoj povodně následoval takovýto scénář. Proto místo mohutných povodňových vln vrcholových oblastí Šumavy, složených ze tří postupně narůstajících dílčích splývajících vln (obr. 7) se tu vyvíjejí spíše vlny jedno- až dvouvrcholové (obr. 8, 9, 10) s nižšími hodnotami N-letostí. Těmto vlnám chybí onen počáteční mohutný impuls z náhlého tání sněhu.

Zobecníme-li předcházející úvahu, je pravděpodobné, že existuje v daném horském regionu Šumavy určitá, pro vznik mohutné povodně kritická velikost vodní hodnoty sněhové zásoby. Můžeme předpokládat v prosinci 1993 tuto kritickou hodnotu v oblasti zhruba od Bučiny přes Kvildu a Filipovu Huť až po Prášily na povodí Křemelné. Velikost takové vodní hodnoty odhadujeme na 100 až 150 milimetrů. Takové množství sněhu může ještě při určitém souběhu intenzivních srážek, větru a kladných teplot náhle roztát. Vyrovnané kladné teploty a silný vítr urychlují podmínky tání oproti obvyklému jarnímu tání radiačnímu, kdy přes den sněhová pokrývka taje a v noci se opět ochlazuje jak nízkými teplotami, tak i vyzařováním tepla při malých hodnotách oblačnosti.

TRVÁNÍ POVODNĚ

Začátek povodně nebyl pro jednotlivá povodí stejný; nejprve se začaly zvyšovat průtoky na povodích se sněhovou zásobou - Vydra, Hamerský potok, Teplá a Studená Vltava, horní Spůlka, a to v odpoledních hodinách 19.12.1993. Následovala ostatní povodí Šumavy - Ostružná, Volyňka, Blanice a jejich přítoky, Polečnice a jiné přítoky Vltavy kolem půlnoci na 20.12.1993. Teprve 20.12.1993 po poledni začal vzestup na ostatních, níže položených tocích - na Lužnici a jejích přítocích, na Lomnici a Skalici. Na Malši se v důsledku nepatrných srážek průtoky zvedaly pouze nepatrně a v této zprávě se jimi nebudeme dále zabývat.

Ukončení povodně záviselo jednak na velikosti povodí (s rostoucí velikostí plochy povodí přirozeně rostla i doba trvání povodně asi od tří-čtyř dní až na 10 dní v Písku či dva týdny v Bechyni. Pravděpodobně nejkratší trvání měla povodeň na Vydře, kde pokles průtoků nastal již 22.12.1993.

TVARY POVODŇOVÝCH VLN

Prosincová povodeň z roku 1993 měla na většině stanic atypický tvar povodňové vlny se vzestupem vlny značně delším, než byla strmější část sestupné větve povodně (Obr. 5, 7, 8, 11, 13, 14, 15). Tento efekt byl způsoben časovým průběhem tání sněhu na hřebenech Šumavy a intenzitami příčinné srážky a také v neposlední řadě poměrně rychlým nástupem nízkých teplot po odeznění nejintenzivnějších srážek. Nápadné je rychlé ubývání průtoků zejména na Vydře (Modrava, obr. 5, 6, 7, 21, 22) ve srovnání s níže polo-

ženými profily na Otavě, kde pokles není tak strmý a nekončí v tak malých průtocích. Jednou z možných příčin asi bude ojedinělá poloha povodí Vydry ve velké nadmořské výšce a vzhledem k ostatním povodím nejdále na jihozápadě. Srážky sice potom dále pokračovaly, ale již byly převážně ve formě sněhu a teploty byly již trvale pod bodem mrazu. Tím vlastně pominuly podmínky pro další tvorbu a trvání zvýšeného odtoku a sestupná větev povodňových vln byla velmi strmá. U níže a severněji položených povodí byl tvar vln jiný - blízký trojúhelníku se strmější vzestupnou větví (obr. 17, 18, 19). Tvar povodňových vln pod přehradními nádržemi (na Vltavě a Blanici) byl podmíněn činností těchto vodních děl (obr. 11, 12, 15, 16). U některých povodí se vytvořila ještě podružná maxima kolem 23.12.1993. Jednalo se o pás sledující zhruba linii Český Krumlov - Husinec - Volyně, takže se tato podružná odtoková epizoda objevila ve stanicích na Volyně, Blanici a Vltavě pod Lipnem (obr. 9, 12, 16).

Povodňové vlny v mnohých stanicích lze sdružovat podle podobnosti do určitých skupin. Dokonce ne vždy se jedná pouze o stanice z téhož povodí. Nejzajímavější takovou skupinou mohou být povodí s nejvyššími povodněmi. Do této skupiny můžeme zařadit Modravu, Antigel, Lenoru, Chlum a Bláhov (obr. 5, 6, 21, 22). V logaritmickém měřítku průtoků vynikne jejich podobnost (obr. 5, 6). Další skupinou budou stanice z povodí Volyňky (obr. 9). Této skupině jsou blízké i vlny z povodí Blanice (obr. 10, 11). Svěbytnou skupinu tvoří potom nízko položená povodí Lomnice, Skalice a Smutné (a samozřejmě i sousedních nepozorovaných povodí), povodím zcela nepodobným ostatním tradičně zůstává Lužnice se svým velmi silným transformačním a retenčním účinkem. Její typická vlna je ale doplněna o velmi rychlý vzestup průtoků v počátku vlny (obr. 17) způsobený přítoky na dolním toku Lužnice, svým charakterem již odlišným od zbytku povodí. Jedním z těchto přítoků je i Smutná, kde v Ratajích již několik roků běží řádné pozorování a vlna z tohoto povodí je též k dispozici (obr. 18, 19).

ČINNOST VODNÍCH NÁDRŽÍ

Na povodní zasaženém území se nacházejí dvě významné nádrže, které podstatně ovlivnily průběh povodňových vln. Jedná se o Lipno na Vltavě a Husinec na Blanici. Obě nádrže významně snížily kulminační průtok - Husinecká z cca $45 \text{ m}^3/\text{s}$ na $20 \text{ m}^3/\text{s}$ a Lipno dokonce z 370 na zhruba $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (obr. 11, 15). To se příznivě projevilo zejména ve výrazném snížení možných škod v tratích pod přehradami.

POHYB SEDIMENTŮ BĚHEM POVODŇ

Jak bývá obvyklé při povodních vyšších N-letostí, i u této odtokové epizody byl pozorován zvýšený pohyb sedimentů v korytech řek. Některé důsledky tohoto jevu vedly i ke značným škodám v řečištích a bezprostředním okolí. Pravděpodobně nejvýrazněji se sedimenty svou činností projevily na úseku Otavy od soutoku Křemelné s Vydrou až po Sušici. Intenzivní pohyb štěrku zde způsobil narušení opěrné zdi komunikace na několika místech, často se přesuvala proudnice řeky a mnohé lesy v inundačním území kolem řeky

byly zaneseny silnou vrstvou šterku. V limnigrafické stanici Rejštejn se natolik změnil vztah vodního stavu a průtoku, že po povodni činil rozdíl mezi vodními stavy téhož průtoku jako před povodní až desítky centimetrů. Změny v říčních korytech byly pozorovány i na Vydře, Hamerském potoce a Volyňce nad Spůlkou. Hlavní roli zde má vysoká unášecí schopnost toku při rychlostech panujících o povodni (ve stanici Rejštejn bylo naměřeno přes 4 m/s). Kvalitativně jiné byly projevy pohybu sedimentů na horní Vltavě nad Lipnem. Zde jsou toky s podstatně nižšími spády a často i písčitémi dny (okolí stanice Chlum na Teplé Vltavě). Ve stanici Lenora, kde je dno složeno ze šterkových sedimentů, došlo k transportu tohoto materiálu mimo koryto, avšak v menší míře, než na Otavě. Podobná byla situace ve stanici Černý Kříž na Studené Vltavě. Zde však vytvořením lavice z drobného šterku došlo ke znehodnocení měrné křivky průtoků.

Zobecníme-li výše popsané jevy, můžeme konstatovat, že podobně jako v srpnu 1991 na Ostružné došlo zejména na úsecích toků, kde se snižují spády hladin a snižuje unášecí schopnost toku, ke značným změnám v korytech řek a jejich blízkém okolí. Intenzita těchto jevů byla v dobré shodě s periodicitou kulminačních průtoků na tocích.

ČINNOST HYDROLOGICKÉ PROGNOZNÍ SLUŽBY BĚHEM POVODNĚ

Během této povodně pokračovala běžná prognózní činnost pobočky, byla však zvýšena frekvence sběru informací zejména z hlásných vodoměrných stanic až na trojnásobek běžné frekvence sběru dat. Kromě ranního termínu tedy byl prováděn po předchozí domluvě s pozorovateli i sběr hlášení jak po dvanácté hodině, tak i po osmnácté hodině večerní. Toto opatření se týkalo vybraných stanic - celého toku Otavy a přítoků a na Vltavě Českých Budějovic. Bohužel nebylo možné spojení do Bechyně, kde právě probíhala výměna pozorovatelů a byl odpojen telefon. Údaje z Bechyně byly odhadovány na základě průtoků v Klenovicích a srážek z příslušného mezipovodí.

Údaje z Bechyně, kde maximální průtoky nepřesáhly jednoletou úroveň, byly potřebné pro výpočet a předpovědi přítoku do nádrže Orlické společně s údaji z Písku, Českých Budějovic a Dolního Ostrovcu. Prognózní činnost pobočky během povodně dokumentuje tabulka č. 1.

Kromě potíží v Bechyni na Lužnici se projevil i nedostatek informace z povodí po VD Lipno, kde probíhala největší povodeň za celou historii pozorování na tomto povodí. Stanice Lenora byla v rekonstrukci, zařízení podniku Povodí Vltavy pro dálkový přenos dat ze stanic Chlum a Černý Kříž jsou již delší dobu nefunkční a tak jediné informace z tohoto povodí byly zprostředkovány správou VD Lipno po rekognoskaci povodí jejími pracovníky. Tyto informace byly útržkovité a s mnohahodinovým zpožděním. Další data z tohoto povodí byla nepřímá, odvozená z bilance nádrže Lipno. Bilance byla počítána s frekvencí minimálně jednou denně, maximálně dvakrát za den. Tyto hodnoty ale dávaly pouze průměr přítoku za zpracovávané období (bez průběhu). Přesto se potvrdila již v minulých povodních pozorovaná zákonitost relativní shody průběhu povodňové vlny v Katovicích a na přítoku do Lipna (obr. 25 a 7). Podmínkou zde je relativní podobnost průběhu příčinných

srážek na obou povodích, což zde bylo dostatečně splněno.

VYHODNOCENÍ

HYDROMETRICKÉ ASPEKTY POVODNĚ

Již od počátku povodně byly prováděny hydrometrické práce orientované na co nejširší zachycení průtokových poměrů o povodni. Důraz byl kladen na hlavní tok Otavy a stanice na Spůlce. Výsledkem této činnosti byly na převážné většině stanic největší dosud měřené průtoky na těchto objektech. Měření byla prováděna jak na vzestupu povodňové vlny, tak i na sestupné větvi. Některá měření byla v důsledku vysokých rychlostí a nebezpečí ztráty hydrometrické vrtule pouze neúplná. Na některých stanicích se měření z těchto důvodů (a ještě kvůli neexistenci vhodných mostů) vůbec neprováděla (stanice Modrava, Antigel, Chlum). Po vyhodnocení porízených měření byla provedena revize měrných křivek průtoků celého toku Otavy od Modravy až po Písek. Křivky byly testovány i na bilanci objemů povodňových vln mezi sousedními stanicemi. Jako nezbytný prvek výpočtu byly zaměřeny příčné profily stanic v inundacích a podélné spády dna i hladin. Též bylo nutné provést alespoň několik měření v Rejštejně po globálních změnách v korytě (při minimálních průtocích se například šířka toku zmenšila téměř na čtvrtinu původní hodnoty s velkým nárůstem hloubek a rychlostí).

Ve stanici Modrava byly změny v balvanitém korytě podobné, avšak již v menším měřítku. V důsledku výpočtů byly provedeny změny v měrných křivkách prakticky ve všech profilech. Změny se týkaly převážně (s výjimkou Modravy a Rejštejna) oblasti vysokých průtoků, běžně se nevyskytujících.

BILANČNÍ STRÁNKA POVODNĚ

Důležitou roli ve vyhodnocení povodně hrála i bilance. Jednak byly odvozeny zatím málo známé vztahy mezi srážkou, odtokem a koeficientem odtoku v této roční době (obr. 26, 27 a 28), jednak s pomocí těchto vztahů bylo vůbec možné rekonstruovat povodňovou vlnu v Lenoře, kde pozorování během povodně chybělo a bylo možné poměrně přesně extrapolovat měrnou křivku průtoků v Chlumu, kde zase chybí možnost měření povodňových průtoků.

Jiným typem bilancí jsou bilance vodních nádrží. Při zpracování této zprávy byly počítány podrobné bilance nádrží Lipno a Orlík s hodinovým krokem (obr. 20, 25). Výsledky těchto výpočtů se staly dalším důležitým zdrojem informace o odtokové situaci. U nádrže Orlík byl výpočet proveden i jiným způsobem, na základě přítokových stanic. Výsledky obou metod jsou v dobré shodě a jsou zobrazeny na obr. 20. Výběr z výsledků bilančních výpočtů je shrnut v tabulce č. 2.

METODY POUŽITÉ K VYHODNOCENÍ POVODNĚ

Pro vyhodnocení této povodně bylo třeba užít i některé zatím

nestandardní postupy, jinak by nebyla k dispozici data ze stanic s neúplným a chybějícím pozorováním a záznamem. Tyto postupy bylo nezbytné užít u stanic na horní Vltavě (Lenora, Chlum) a také u stanice Český Krumlov na Polečnici. Také pro vyhodnocení výsledků hydrometrických měření bylo třeba při neúplných měřeních užít postupy jiné, než obvyklé. Jednalo se o měření průtoků, při kterých byly měřeny buď pouze povrchové rychlosti vody, nebo rychlosti těsně pod povrchem z důvodů vysoké rychlosti a nebezpečí poškození či ztráty hydrometrické vrtule plovoucími předměty.

DOSAŽENÉ HODNOTY N-LETOSTÍ

Pro odbornou veřejnost bývá asi nejžádanějším údajem o povodni hodnota její N-letosti. Také v této zprávě jsou velikosti N-letostí určeny a přehledně zachyceny v tabulce č. 4. V tabulce uvedené hodnoty je nezbytné doplnit o další informaci. U vyšších hodnot N-letostí ($N > 20$) se jedná o krajní hodnoty souborů kulminačních průtoků příslušných stanic. U řad s dlouhým obdobím pozorování (Rejštejn, Sušice) tato skutečnost nepřináší problémy, ale již u Modravy, Lenory, Chlumu a Černého Kříže vstupuje do problému i fakt neexistence skutečně vysokých povodní za celé období pozorování. Tato okolnost již byla vzata v úvahu dříve při pracích na katastru vodnosti daných povodí cestou porovnání se sousedními stanicemi s delšími řadami pozorování (na Vltavě Vyšší Brod, Český Krumlov, na Otavě Sušice) s odpovídajícím zvýšením charakteristik N-letých průtoků. Po prosincové povodni roku 1993 nezbývá než konstatovat opodstatněnost tohoto kroku. U Modravy, Lenory i Chlumu tato povodeň svými kulminačními hodnotami (a nejen v zimní sezóně) vysoce překračuje všechny dosud pozorované (popsané) povodně.

ANALOGICKÉ ODTOKOVÉ SITUACE Z HISTORIE

Prakticky ke každé povodňové situaci lze najít jiné více či méně podobné situace a z takovýchto srovnání je možné dále studovat další okolnosti vzniku povodní a podmínky modifikace srážko-odtokového procesu v méně obvyklých souvislostech.

K naší povodni z prosince 1993 jsme zatím našli jednu velmi podobnou situaci, a to z ledna 1920 (kulminační průtoky ve stanicích z této povodně jsou v tab. 5). Povodeň je poměrně dobře popsána v srážkoměrné a hydrologické ročence údaji ze srážkoměrných stanic (denní úhrny srážek a výšky sněhové pokrývky) a vodoměrných stanic (denní vodní stavy či průměrné denní průtoky) a v databance ČHMÚ (průměrné denní průtoky). Srovnávací analýza těchto dvou situací ale přesahuje cíle a rozsah této zprávy a pravděpodobně bude předmětem dalších výzkumů. Přehled největších zimních povodní (za měsíce prosinec a leden) je v tabulce č.3.

TABULKY

V tabulkách jsou uvedeny prvky hydrologické bilance pro stanice, kde povodeň nastala, hodnoty kulminačních průtoků a času

jejich nástupu. Též jsou uvedeny i vybrané srážkové a sněhové údaje ze sítě srážkoměrných stanic.

GRAFICKÉ PŘÍLOHY

Ke zprávě jsou přiloženy grafické průběhy průtoků ze všech dotčených stanic na území pobočky v hodinovém intervalu zobrazení. Dále je zde i graf průběhu vybraných meteorologických prvků, významných pro genezi povodně (teplota vzduchu, rychlost a směr větru, průběh počasí, intenzity srážek) s časovým krokem 6 hodin.

FOTOGRAFIE

Fotodokumentace je omezena pouze na zachycení stop hladiny ve stanici Lenora a v mostním profilu u Hliniště na Řásnici. Stanice Lenora byla v době kulminace mimo provoz z důvodu rekonstrukce, nový vodočet nebyl ještě instalován, provizorní vodočet byl povodní utržen a odplaven. Podrobná dokumentace ve formě videozáznamu z Otavy i Vltavy je k dispozici u podniku Povodí Vltavy - závod Horní Vltava (p. Návara).

ZÁVĚR

Při této povodni šlo o poměrně neobvyklou kombinaci termínu a způsobu vzniku povodňové vlny, kdy převážná část odteklého množství vody byla dešťového původu, avšak rozhodujícím pro velikost povodně byly jednak předcházející podmínky, ale i sněhové zásoby v nejvyšších partiích Šumavy. Bez přispění těchto faktorů by se jednalo pouze o běžnou povodňovou situaci, zejména na povodí horní Otavy. Během povodně se pozitivně projevila retenční funkce vodní nádrže Lipno, bez které by se například v okolí Českých Budějovic jednalo o kulminační hodnoty více než dvacetileté.

Zajímavým aspektem bylo množství škod a řada stížností obyvatel z Českého Krumlova, tedy z místa povodní relativně málo zasaženého. Bezprostředně po povodňové situaci bylo nutné začít odpuštět množství vody zachycené v retenčním prostoru lipenské přehradní nádrže. Povodí Vltavy varovalo obyvatele ve všech místech přiléhajících k toku Vltavy pod Lipnem. Nastavený průtok mírně zaplavil některé části inundačních území. V dobách před provozem Lipna by se jednalo o běžnou cca 2-letou vodu, na kterou tehdejší populace v zasažené oblasti byla zvyklá. Tentýž průtok dnes vyvolává u mnohých obyvatel paniku a způsobuje škody, jejichž pravou příčinou je nerespektování zásad využívání inundačních území. Ukazuje se tak, jak je naše zhýčkaná civilizace snadno zranitelná.

Z hlediska optimalizace a účelnosti hlásné sítě stanic pro hydrologické předpovědi se v plné síle projevila nedostatek operativní informace z povodí vodní nádrže Lipno, a to jak přímo hydrologické (vodní stavy), tak i reprezentativní informace o srážkách na povodí (většina stanic je v údolích, avšak povodňový odtok vznikal převážně ve vyšších polohách s přetrvávajícím sněhem z předešlého období a zřejmě i vyššími srážkami). Pro pokusy

o předpovědi na horní a střední Otavě se dosahovaný předstih předpovědi jevil pro praxi jako příliš krátký. Zvýšení předstihu by bylo možné dosáhnout zejména zautomatizováním přenosu vodních stavů, popřípadě srážek ze stanice Modrava na Vydře, kde vzniká často hlavní část povodňové vlny (obr. 7).

Přehled vydaných hydrologických předpovědí

VD Orlík - přítok
Řádné předpovědi

Datum	Ranní přítok		Odpolední přítok	
	výpočet	skutečnost	předpověď	skutečnost
19.12.93	92	95	98	93
20.12.93	100	152	160	224
21.12.93	390	546	500	753
22.12.93	640	677	540	528
23.12.93	450	478	430	447

Mimořádné předpovědi

datum	hod.	vypoč.	skut.	na hod.	předp.	skut.
20.12.93	12	160	205			
21.12.93	12	465	662			
21.12.93	18	625	925			
22.12.93	12	555	559	18	470	517
22.12.93	18	450	517			

Otava - Písek
Předpovědi

Datum	hod.	na hod.	předp.	skut.
19.12.93	6	14	32	33
20.12.93	6	14	100	96
21.12.93	6	14	320	238
21.12.93	18	24	420	519
22.12.93	6	14	300	231
22.12.93	12	18	200	188
23.12.93	6	14	140	126

Tab. 1

Přehled bilančních údajů ze stanic

Stanice	Tok	plocha povodí, km ²	srážka, mm	odtok, mm	odtokový objem, ml, m ³
Modrava	Vydra	90.4	180	131	11.824
Antigel	Hamerský potok	20.1	146	82	1.842
Rejštejn	Otava	334.6	147	98	32.858
Sušice	Otava	536.2	122	73	39.153
Katovice	Otava	1134.5	86	45	51.076
Bláhov	Spálka	9.78	70	34	0.333
Bohumilice	Spálka	103.4	70	34	3.475
Sudslavice	Volyňka	79.97	62	31	2.501
Neměčice	Volyňka	384.4	59	27	10.226
Bl. Mlýn	Blanice	85.6	59	29	2.474
Poděvory	Blanice	202.9	63	36	7.223
Husinec	Blanice	212.7	62	35	7.508
Hracholusky	Zlatý potok	75	38	13	0.945
Protivín	Blanice	706	46	20	14.261
Heřmaň	Blanice	839.6	46	21	17.380
Písek	Otava	2912.76	63	29	84.062
Ostrovec	Lomnice	390.7	46	19	7.423
Varvažov	Skalice	366.8	42	21	7.776
Klenovice	Lužnice	3143	35	7	22.818
Rataje	Smutná	217.8	37	16	3.528
Bechyně	Lužnice	4046.3	35	10	42.405
Lenora	Teplá Vltava	176.3	148	90	15.867
Chlum	Teplá Vltava	340.8	145	87	29.483
Č. Kříž	Studená Vltava	104.4	150	97	10.177
VD Lipno	Vltava	948.2	115	72	68.081

Přehled největších zimních povodní ve stanicích

Stanice	Tok	Max.lednový průtok		Max.prosincový průtok		Překročeno v prosinci 1993	
		Qmax	datum	Qmax	datum	lednové max.	prosincové max.
Lenora	T.Vltava	31.4	20.1.1974	30	24.12.1967	ano	ano
Chlum	T.Vltava	62	12.1.1976	40.7	11.12.1980	ano	ano
Černý Kříž	St.Vltava	26.4	6.1.1982	32.3	24.12.1967	ano	ano
Vyšší Brod	Vltava	350	14.1.1920	181	29.12.1982		
Český Krumlov-st.vodoč.	Vltava	420	14.1.1920	260	30.12.1947		
Břeží	Vltava	-	-	257	30.12.1946		
Bechyně	Lužnice	310	15.1.1920	299	31.12.1925		ano
Modrava	Vydra	45	4.1.1932	76	1.12.1940	ano	ano
Rejstěj	Otava	190	1.1.1890	172	28.12.1947	ano	ano
Sušice	Otava	215	14.1.1948	265	11.12.1890	ano	ano
Kolinec	Ostružná	20	6.1.1982	12.2	30.12.1979	ano	ano
Katovice	Otava	280	14.1.1920	219	29.12.1948	ano	ano
Lčovice	Volyňka	21.2	6.1.1982	23.6	8.12.1974	ano	ano
Nemětic	Volyňka	55.4	12.1.1920	46.2	18.12.1902	ano	ano
Blanický Mlýn	Blanice	11.2	6.1.1982	8.5	25.12.1977	ano	ano
Podědvory	Blanice	55	1.1.1956	25.1	25.12.1977		ano
Husinec	Blanice	25.5	6.1.1982	8.3	16.12.1980		ano
Protivín	Blanice	69.1	12.1.1920	56.7	19.12.1902		
Heřmaň	Blanice	33.4	31.1.1982	25.4	9.12.1982	ano	ano
Písek	Otava	384	14.1.1920	266	19.12.1902	ano	ano
Ostrovec	Lomnice	53	4.1.1948	53	30.12.1947		
Varvažov	Skalice	50.4	12.1.1920	68.5	29.12.1947		

Tab. 3

Přehled maximálních vodních stavů a průtoků - prosinec 1993

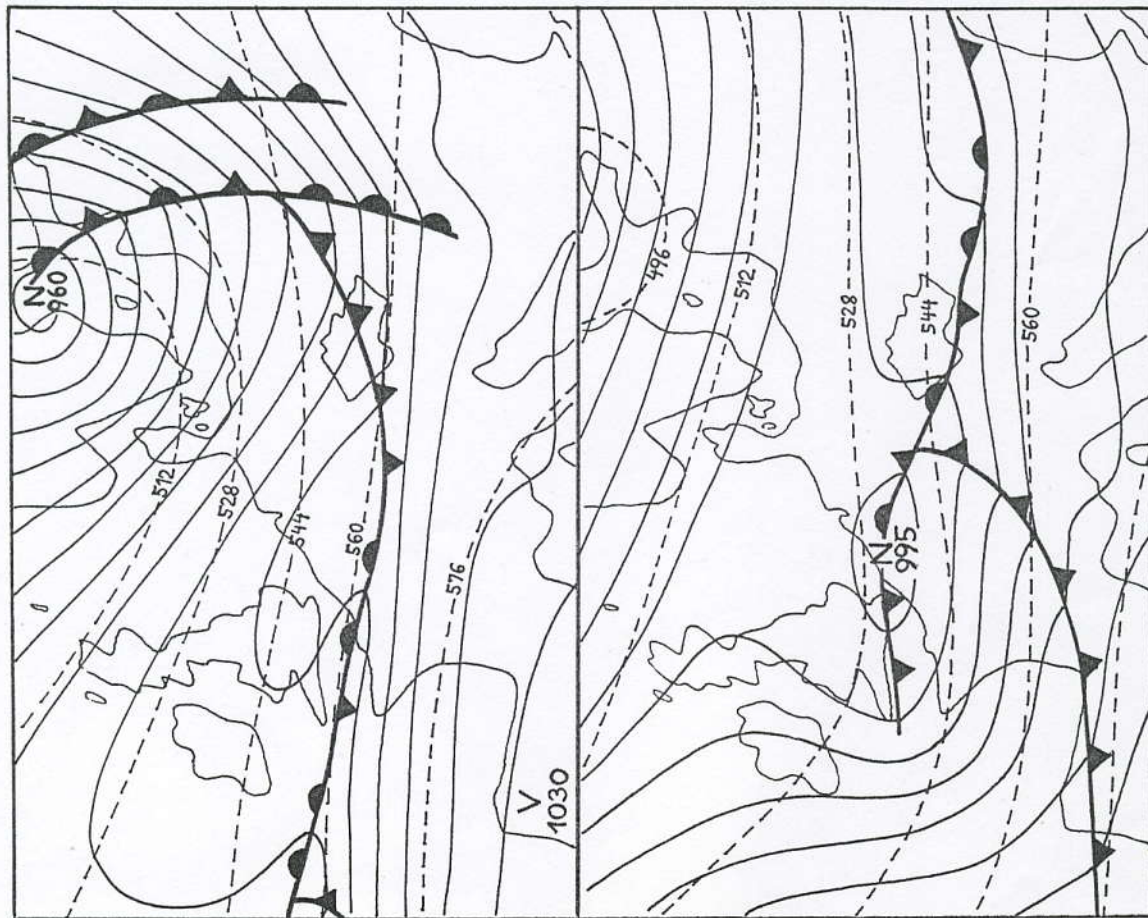
Stanice	H, cm	den	hodina	Qmax	N-letost
Lenora	(225)	21.12	9	133	90
Chlum	285	21.12	10	209	150
Č.Kříž	230	21.12	5	42.1	8
VD Lipno-přítok	--	21.12	17	370	150
Březí	176	23.12	22	131	1
Č.Budějovice	240	23.12	23	174	1
Rataje	219	21.12	16	23.3	2
Bechyně	281	21.12	21	132	1
Modrava	226	21.12	4	144	75
Antigel	140	21.12	6	11.7	2
Rejštejn	271	21.12	4	250	50
Sušice	283	21.12	9	266	50
Kolinec	105	21.12	11	25.2	8
Katovice	320	21.12	16	289	20
Bláhov	75.5	21.12	6	1.51	<1
Sudslavice	103	21.12	8	42.5	10
Bohumilice	160	21.12	8	29.6	5
Nemětice	230	21.12	11	70	5
Blanický Mlýn	176	21.12	10	15.4	2
Podědvory	172	21.12	10	43.2	4
Hracholusky	102	21.12	11	6.75	1
Protivín	242	22.12	1	44	2
Heřmaň	144	22.12	5	48.1	2
Písek	508	21.12	24	519	20
Ostrovec	209	22.12	4	37.7	5
Varvažov	222	21.12	23	45.5	7

Tab. 4

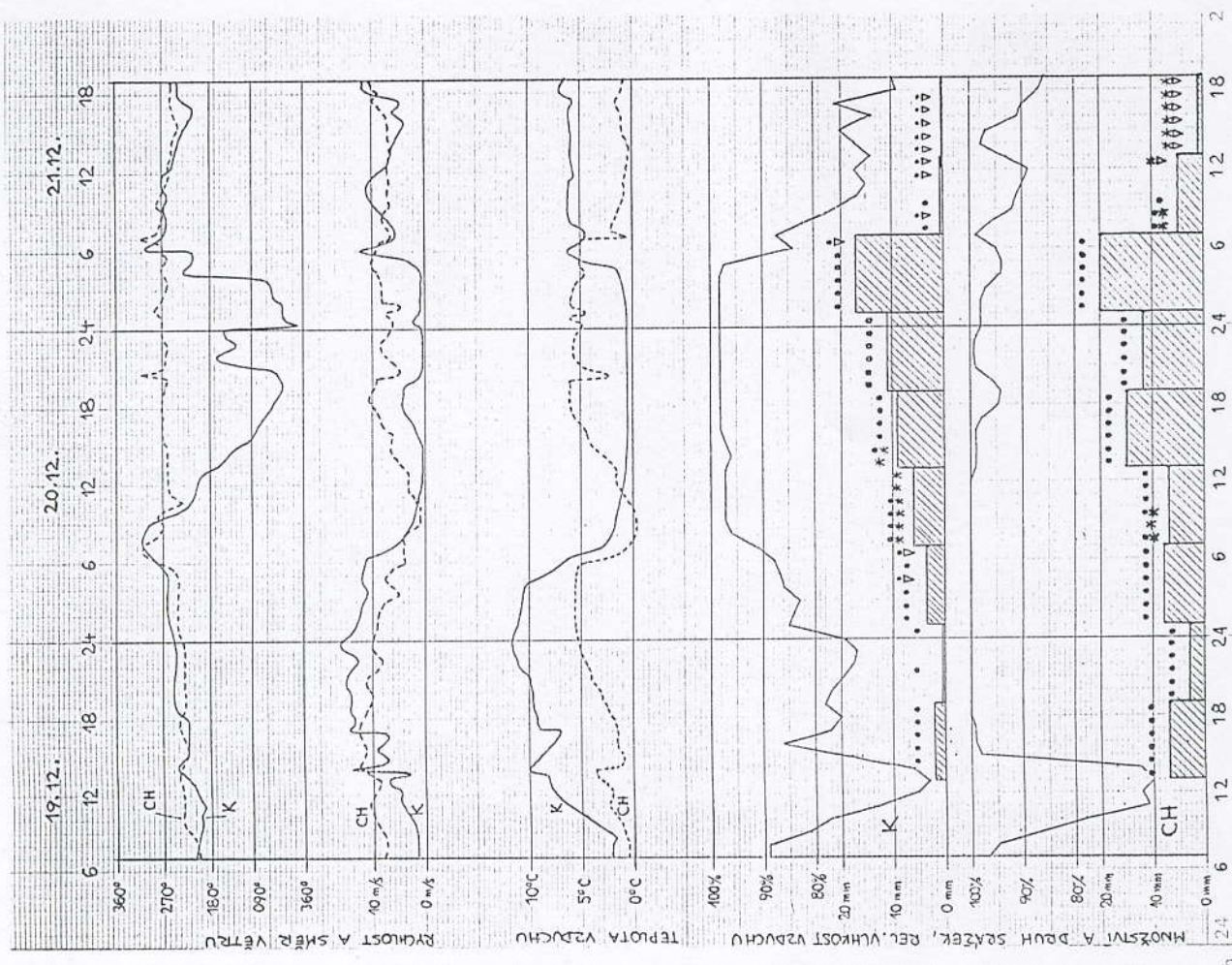
Povodeň v lednu 1920

Stanice	Qmax	datum
Vyšší Brod	350	14.1.
Český Krumlov-st.vodoč.	420	14.1.
České Budějovice	448	14.1.
Hluboká	450	15.1.
Klenovice	174	15.1.
Bechyně	310	15.1.
Rejštejn	123	13.1.
Sušice	179	13.1.
Katovice	280	14.1.
Nemětice	55.4	12.1.
Protivín	69.1	12.1.
Písek	384	14.1.
Ostrovec	38.7	14.1.
Varvažov	50.4	12.1.

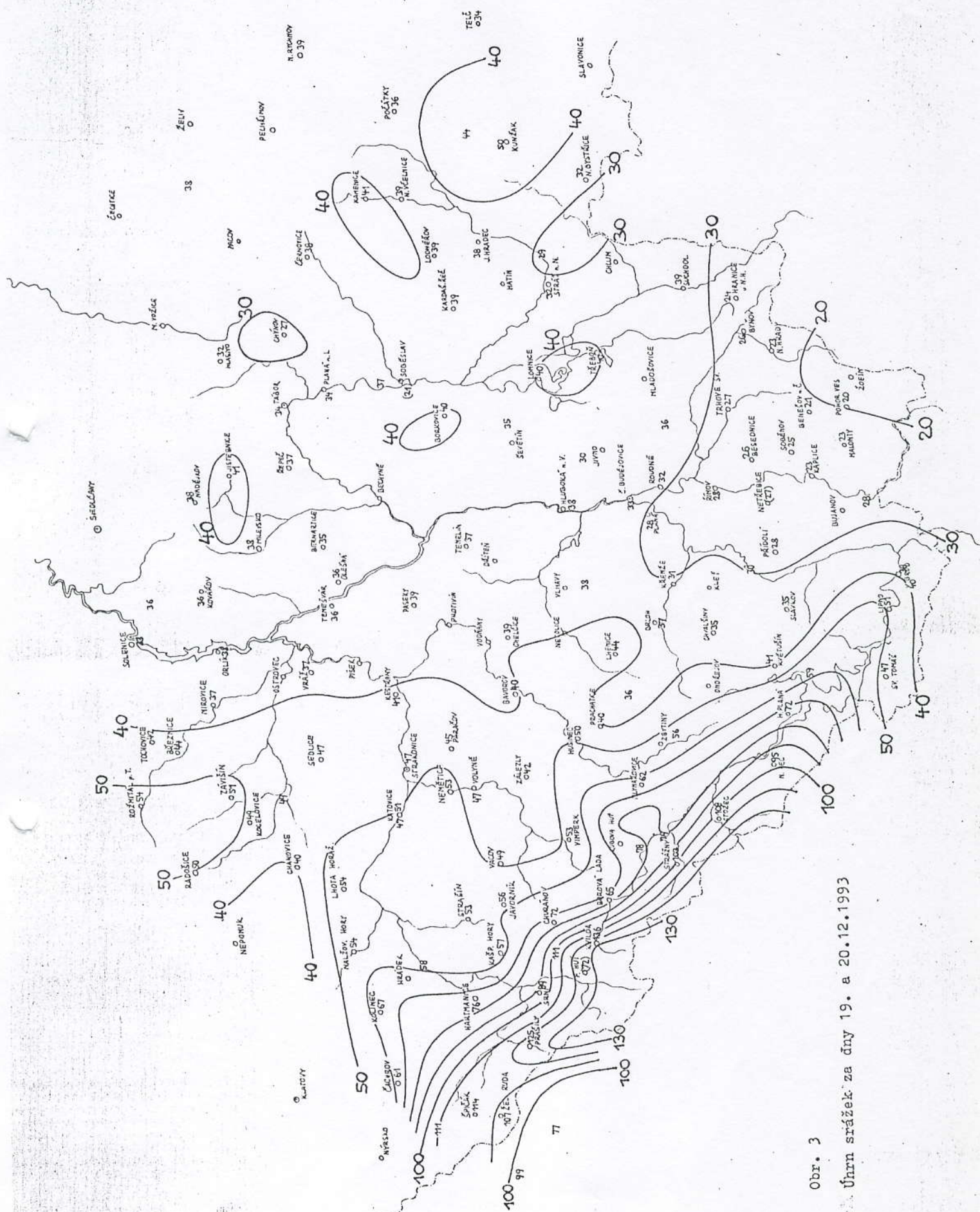
Tab. 5



Obr. 1. Povětrnostní situace 20.12.1993, 01 h SEČ (nahoře)
21.12.1993, 01 h SEČ (dole)
Zakresleny přízemní izobary a fronty, čárkovaně izohypsy
AT 500 hPa.

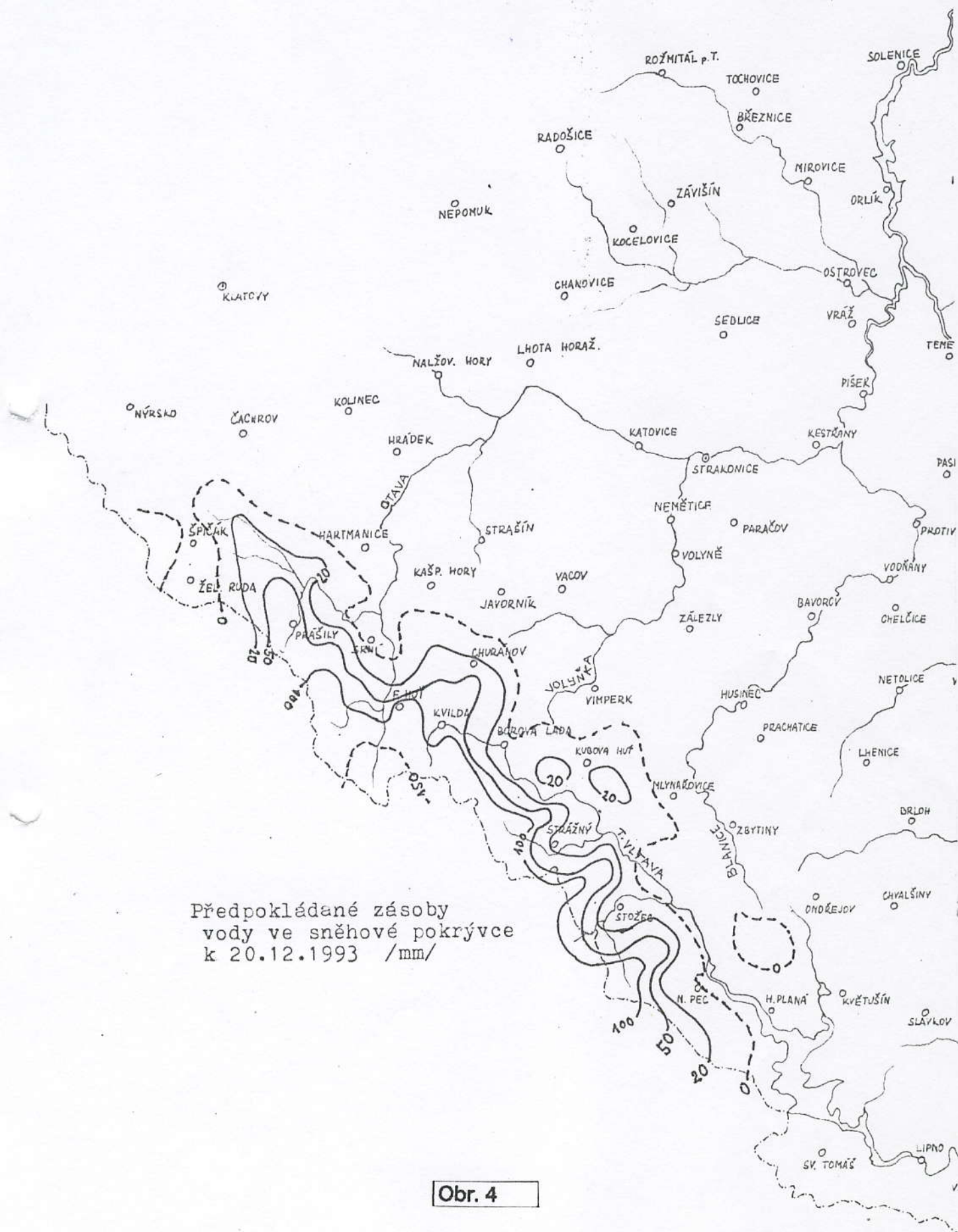


Obr. 2. Průběh základních meteorologických prvků na stanicích
Churánov (CH) a Kocelovice (K).



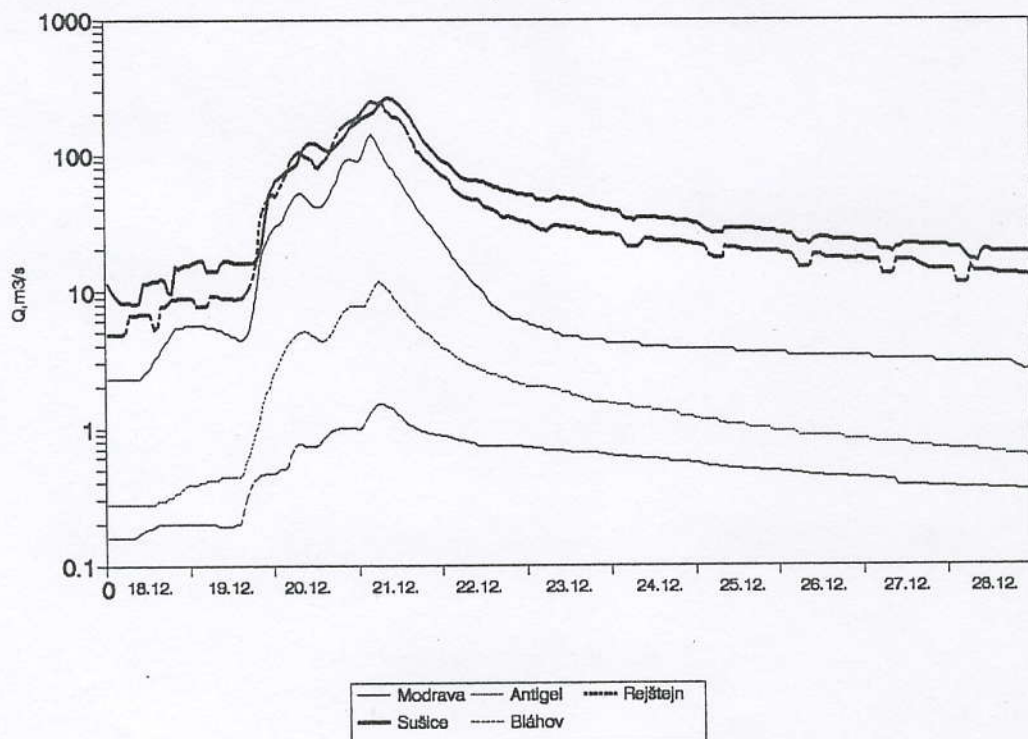
Obr. 3

Úhrn srážek za dny 19. a 20.12.1993



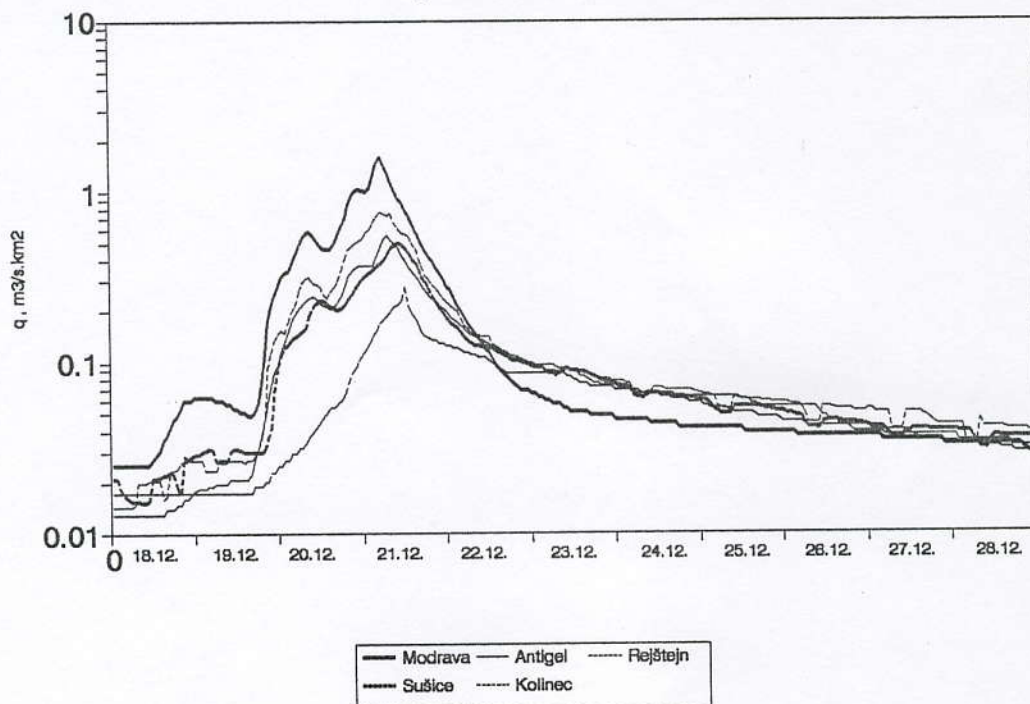
Předpokládané zásoby
vody ve sněhové pokrývce
k 20.12.1993 /mm/

Horní Otava s přítoky, hor. Spůlka průtoky 18.12. - 28.12.1993



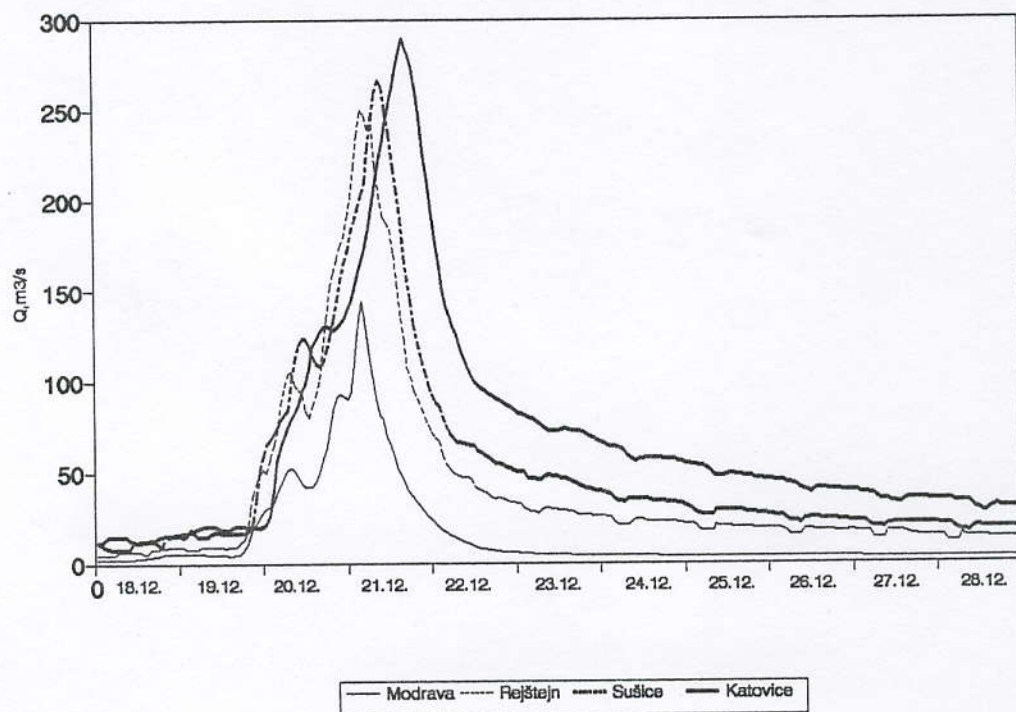
Obr. 5

Horní Otava s přítoky specifické odtoky 18.12. - 28.12.1993



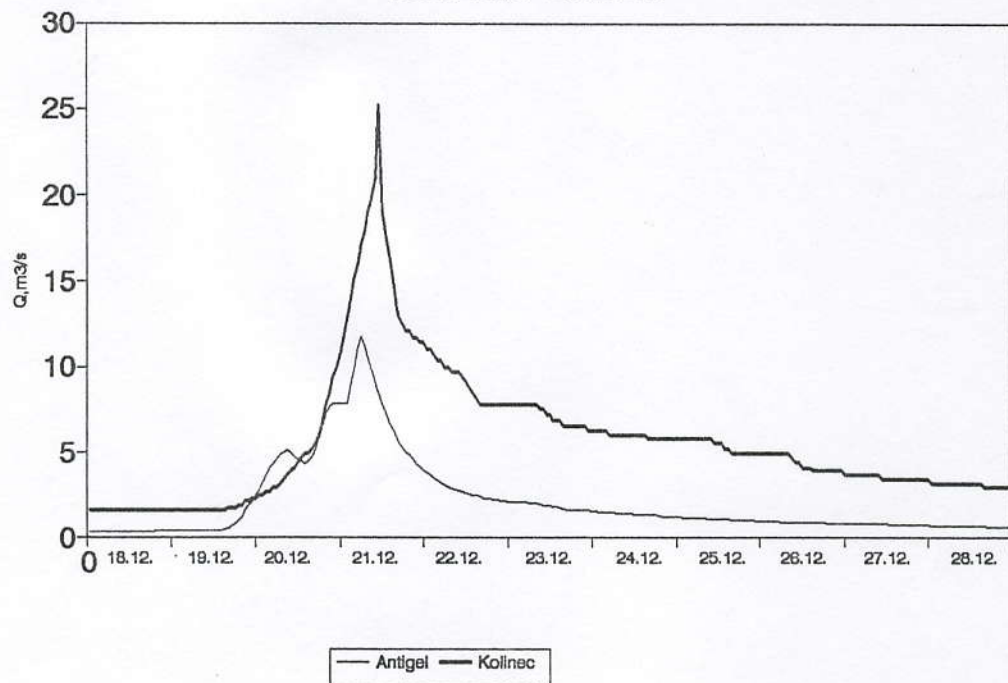
Obr. 6

Horní Otava - hlavní tok průtoky 18.12. - 28.12.1993



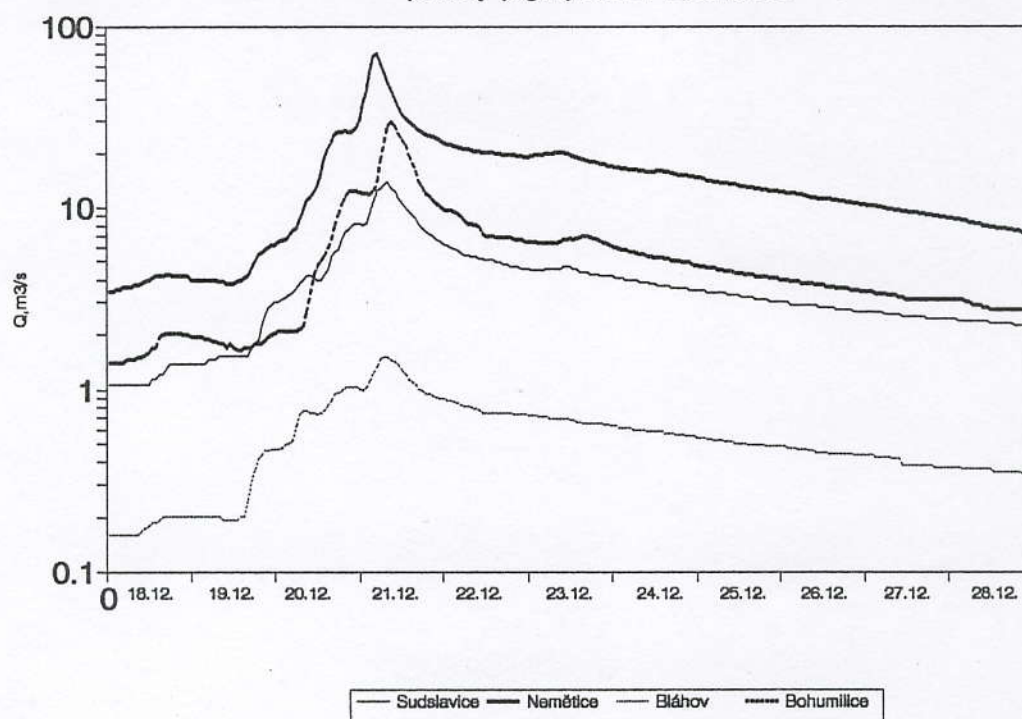
Obr. 7

Přítoky horní Otavy průtoky 18.12. - 28.12.1993



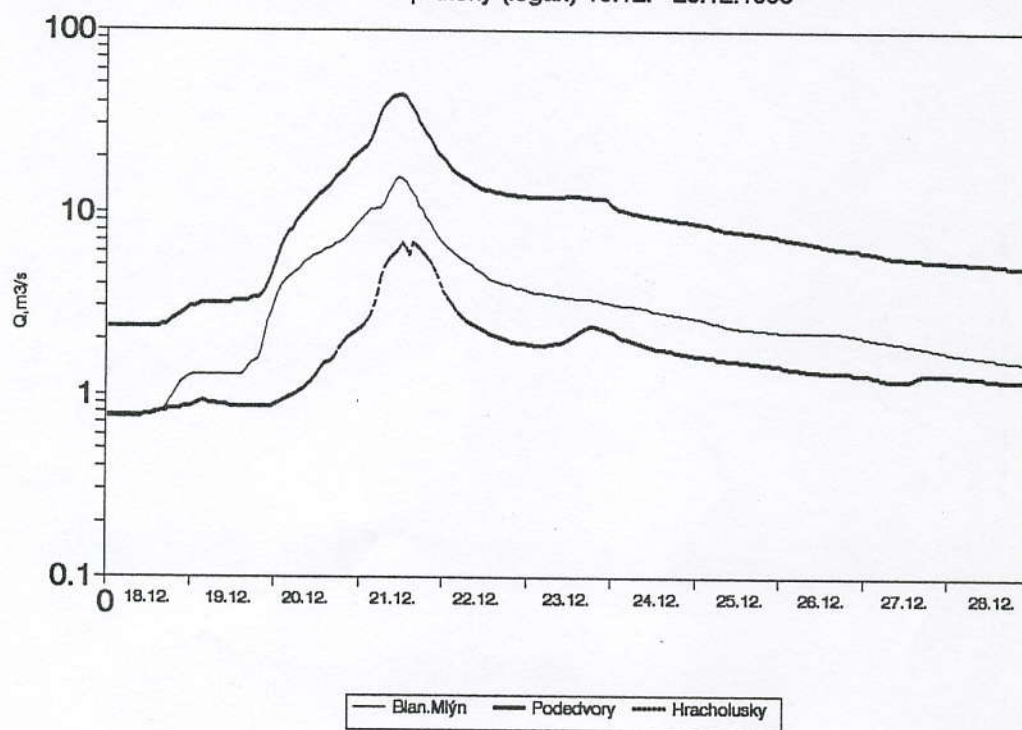
Obr. 8

Volyňka a Spůlka
průtoky (logar.) 18.12. - 28.12.1993



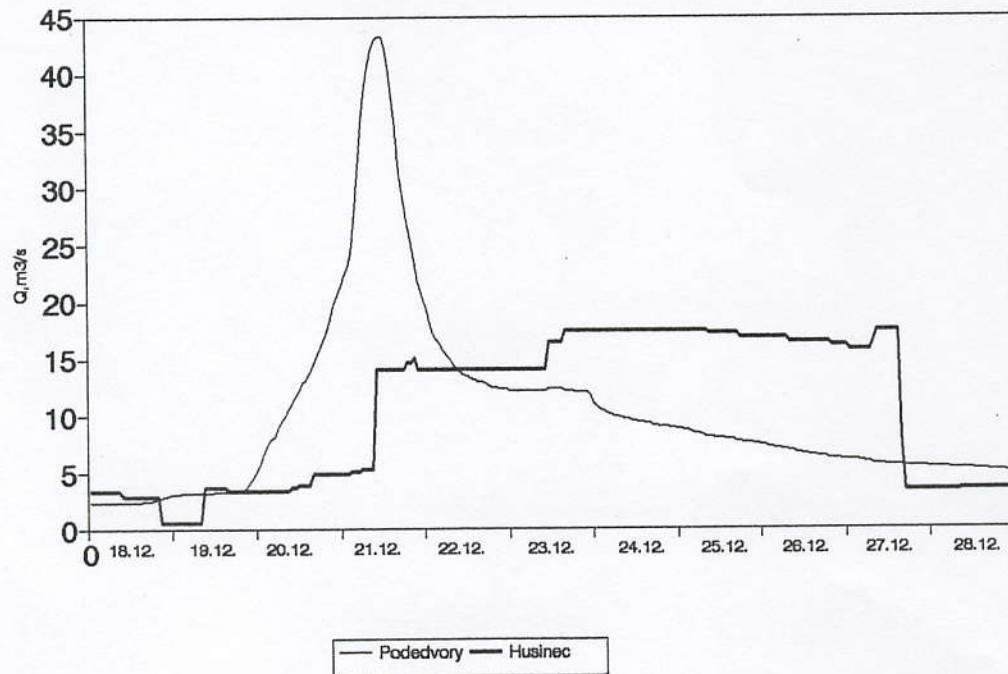
Obr. 9

Horní Blanice, Zlatý potok
průtoky (logar.) 18.12. - 28.12.1993



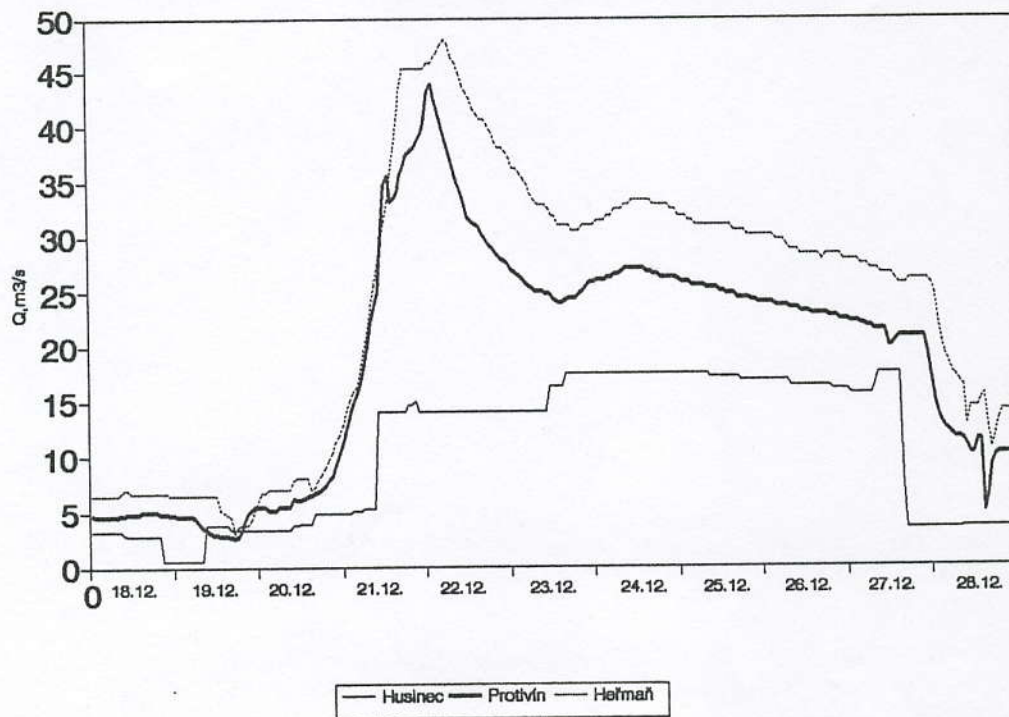
Obr. 10

Transformace průtoků VD Husinec
průtoky 18.12. - 28.12.1993



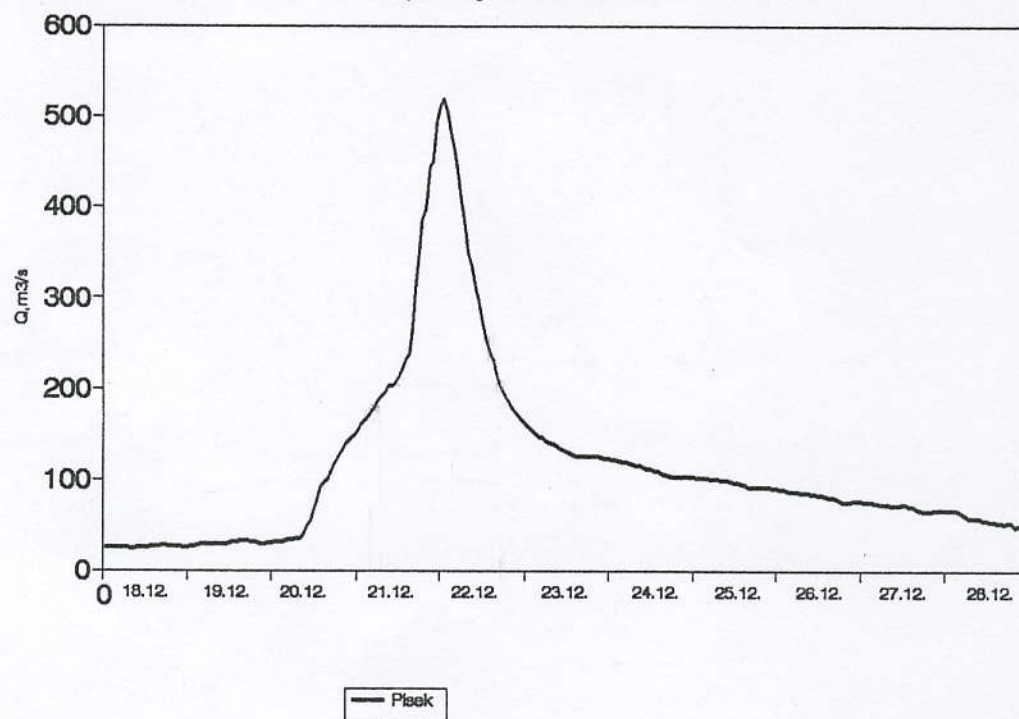
Obr. 11

Blanice pod Husincem
průtoky 18.12. - 28.12.1993



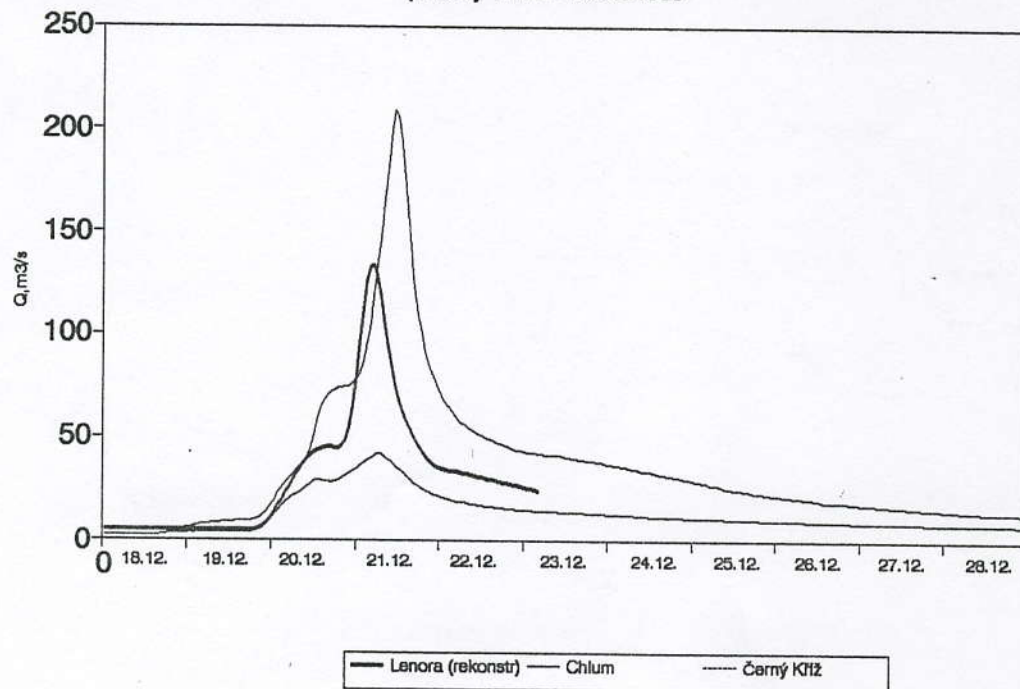
Obr. 12

Otava v Písku
průtoky 18.12. - 28.12.1993



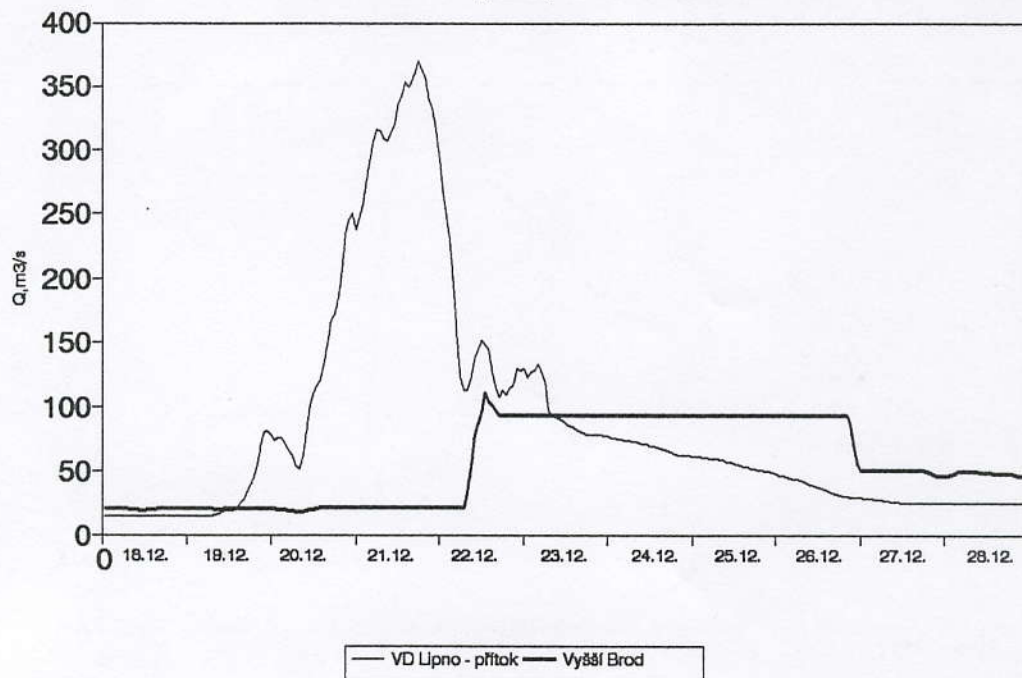
Obr. 13

Vltava nad VD Lipno
průtoky 18.12. - 28.12.1993



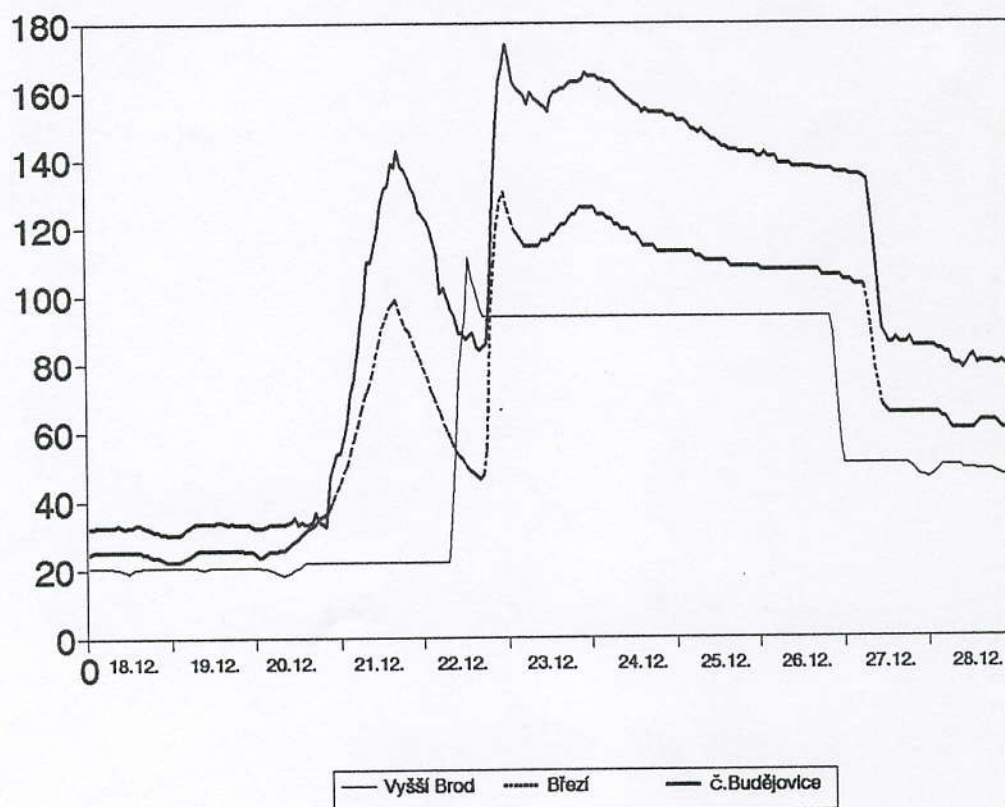
Obr. 14

Transformace průtoků VD Lipno průtoky 18.12. - 28.12.1993



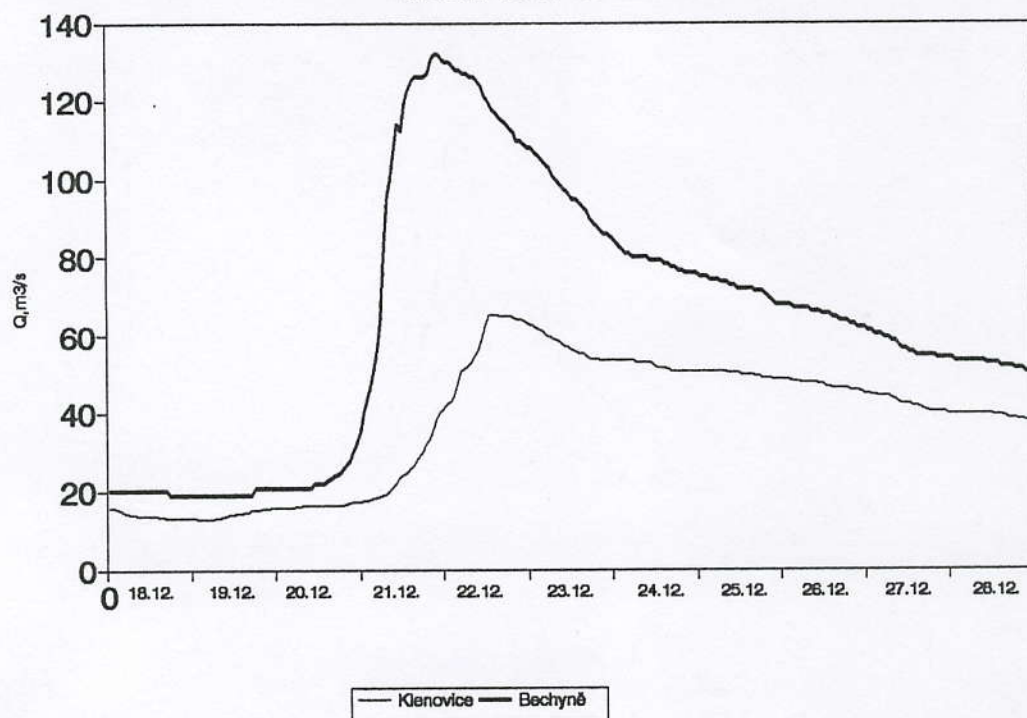
Obr. 15

Vltava pod VD Lipno průtoky 18.12. - 28.12.1993



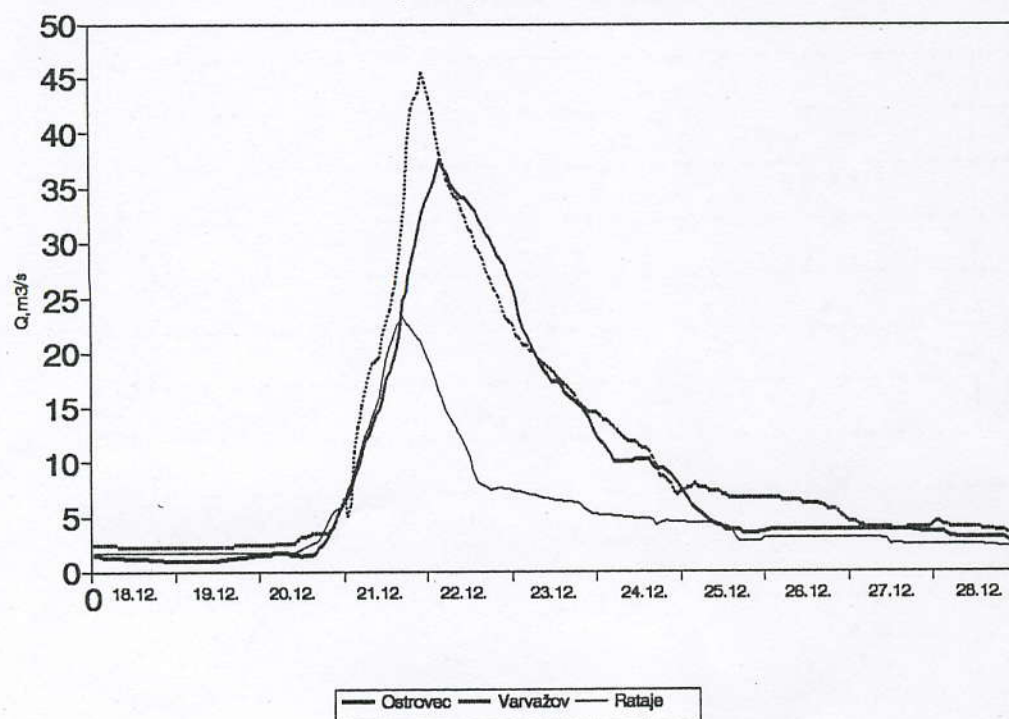
Obr. 16

Lužnice
průtoky 18.12. - 28.12.1993



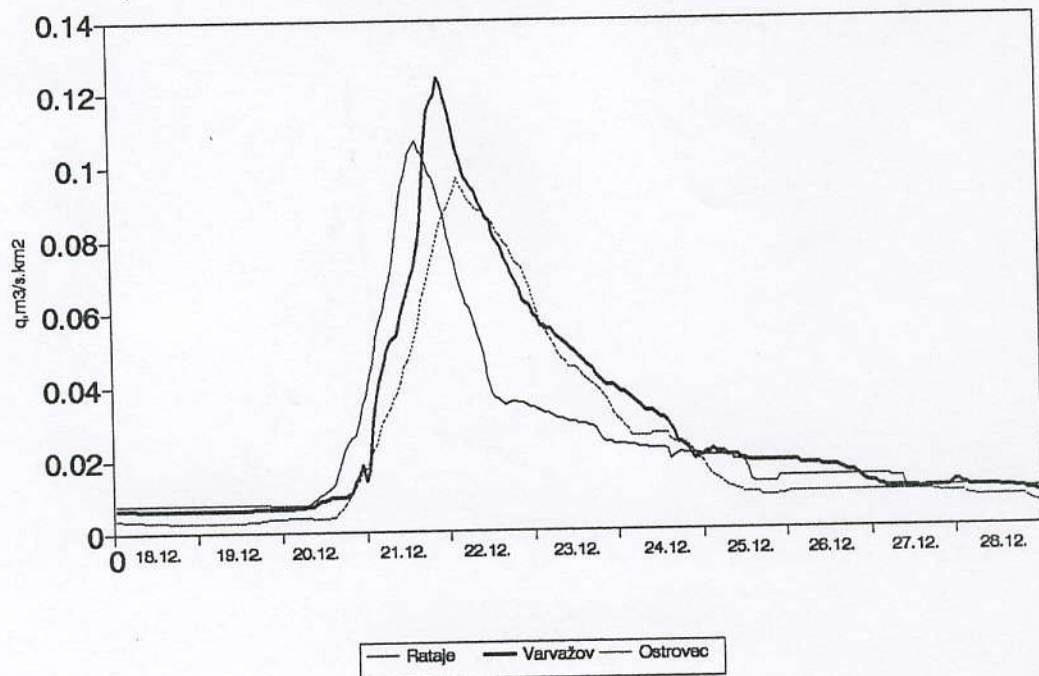
Obr. 17

Níže položená povodí
průtoky 18.12. - 28.12.1993



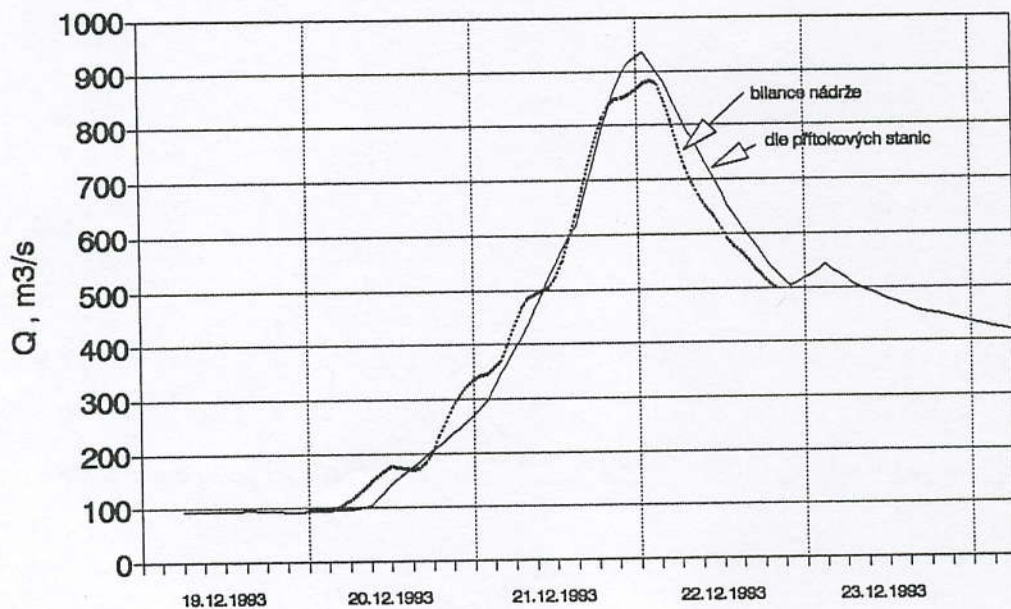
Obr. 18

Níže položená povodí
specifické odtoky 18.12. - 28.12.1993



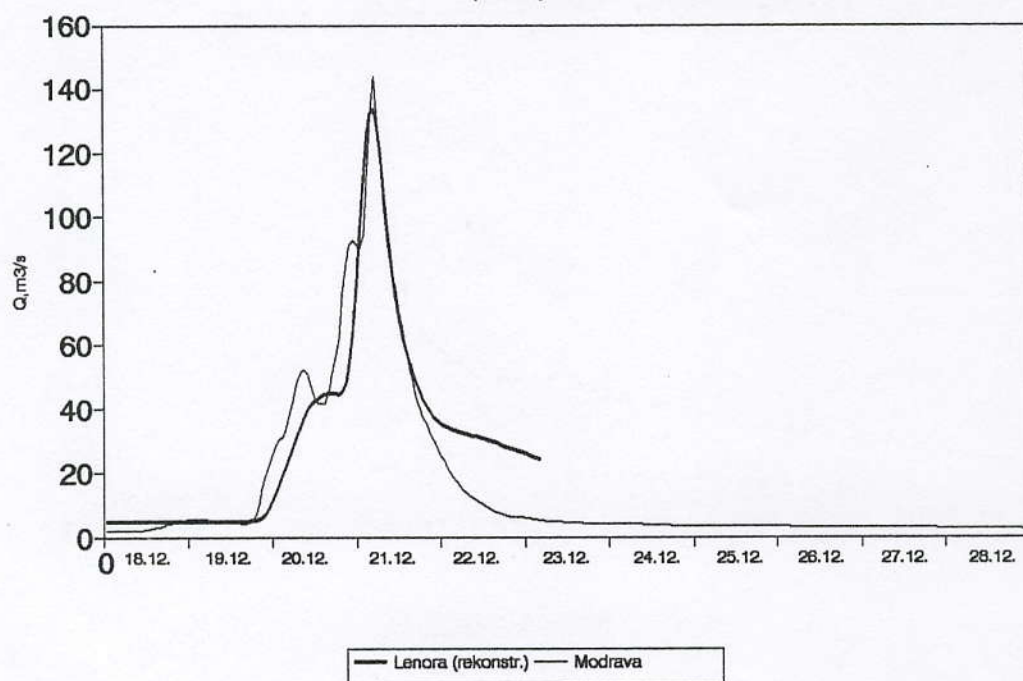
Obr. 19

VD Orlík - hráz
Přítok do nádrže



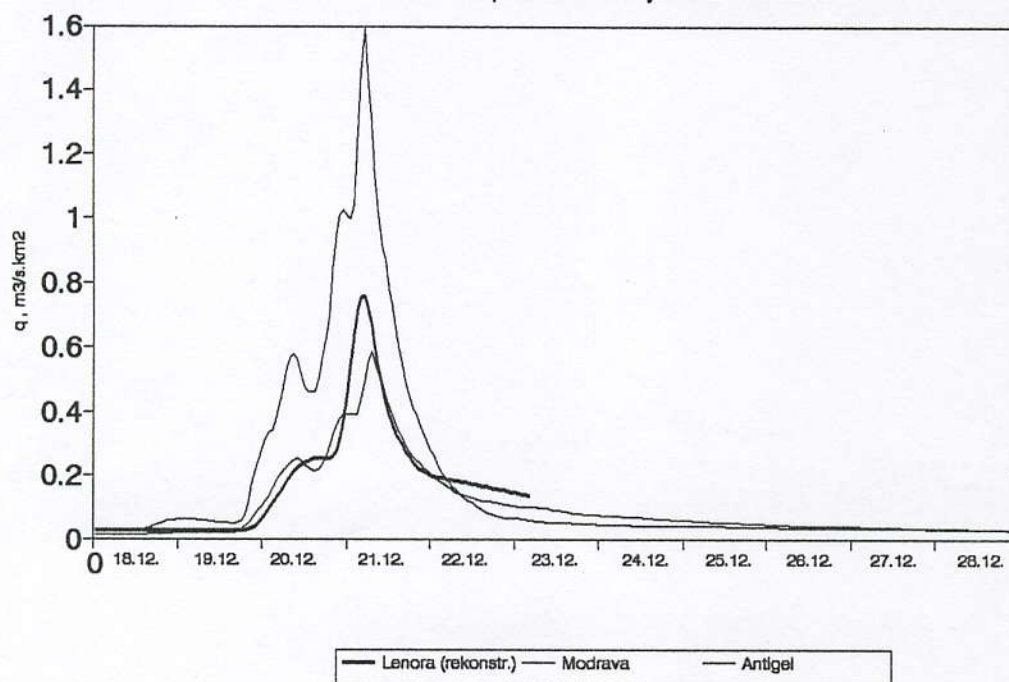
Obr. 20

Porovnání Vydry a Teplé Vltavy
průtoky 18.12. - 28.12.1993



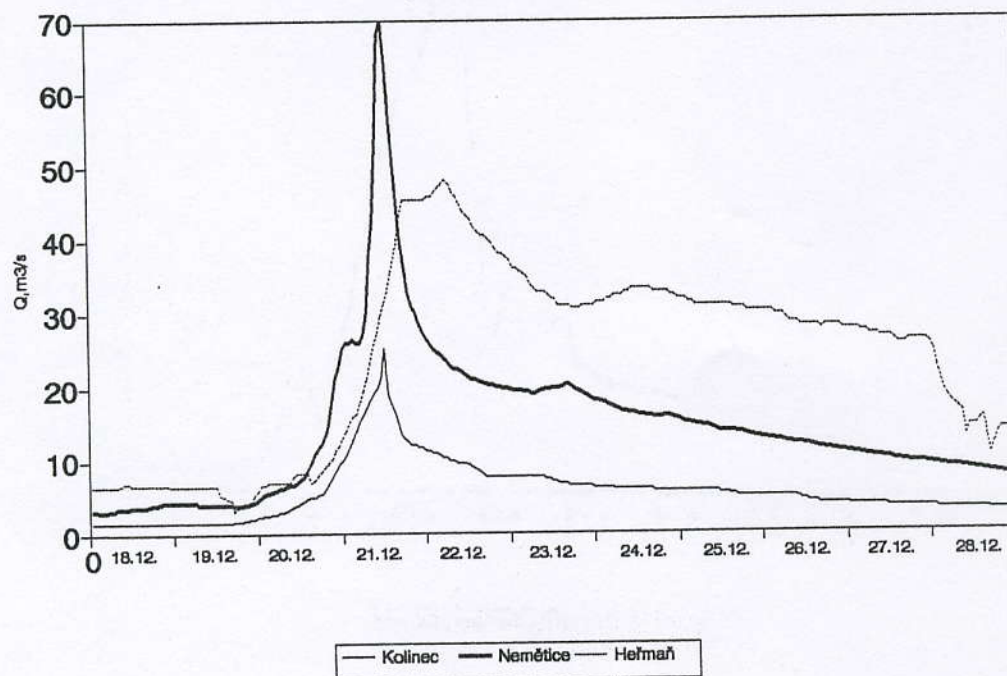
Obr. 21

Porovnání Vydry, Hamer.p. a Teplé Vltavy
specifické odtoky 18.12. - 28.12.1993



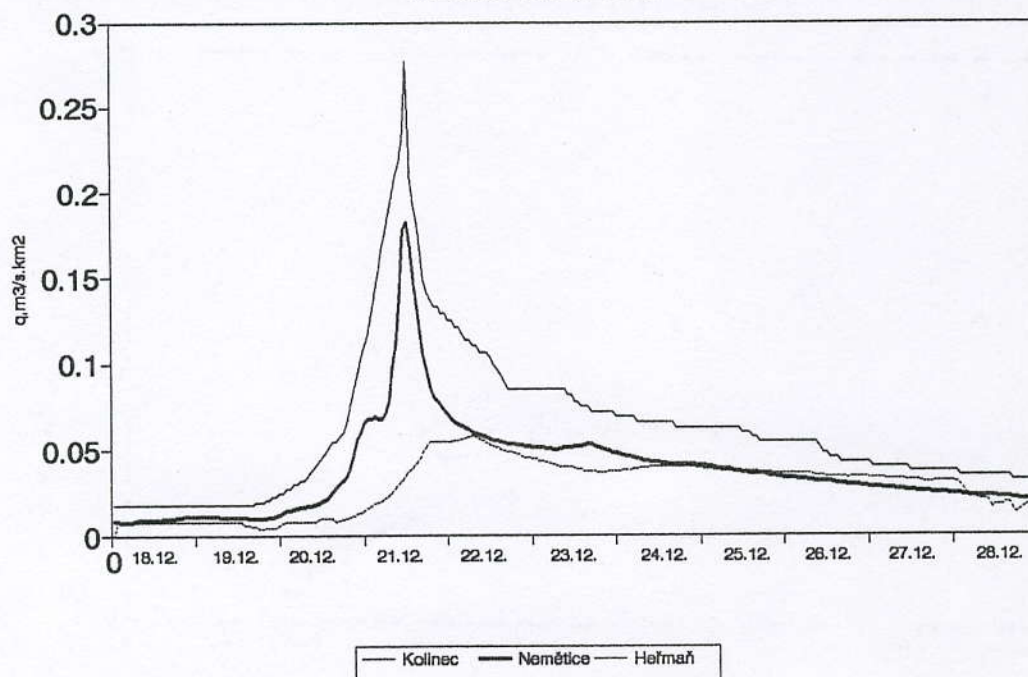
Obr. 22

Porovnání přítoků Otavy
průtoky 18.12. - 28.12.1993



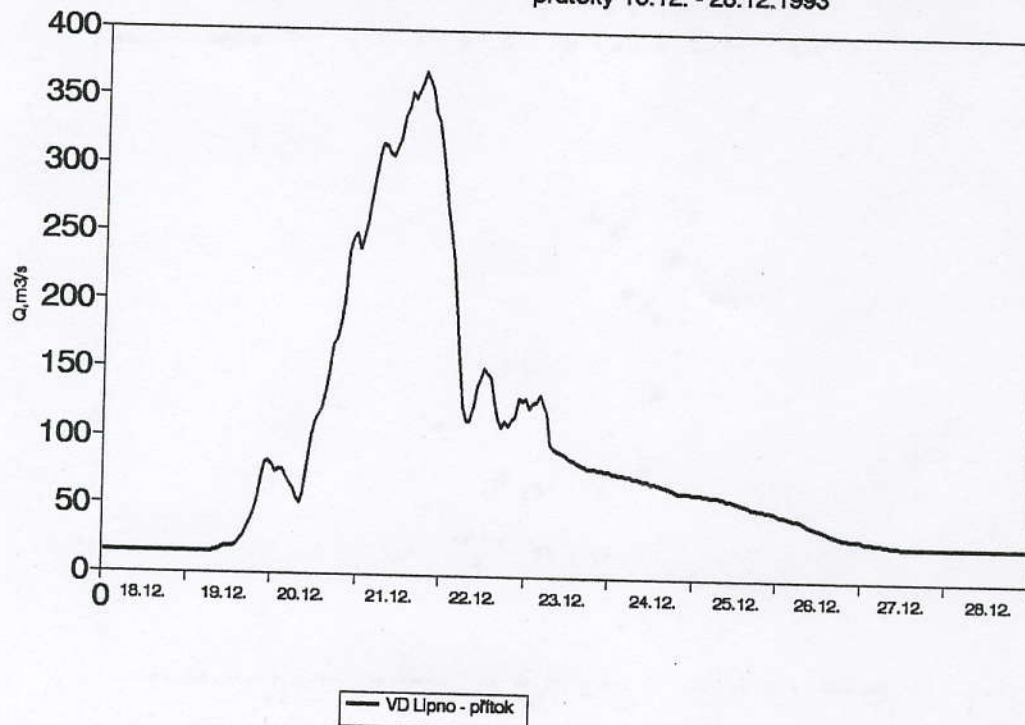
Obr. 23

Porovnání přítoků Otavy
specifické odtoky 18.12. - 28.12.1993



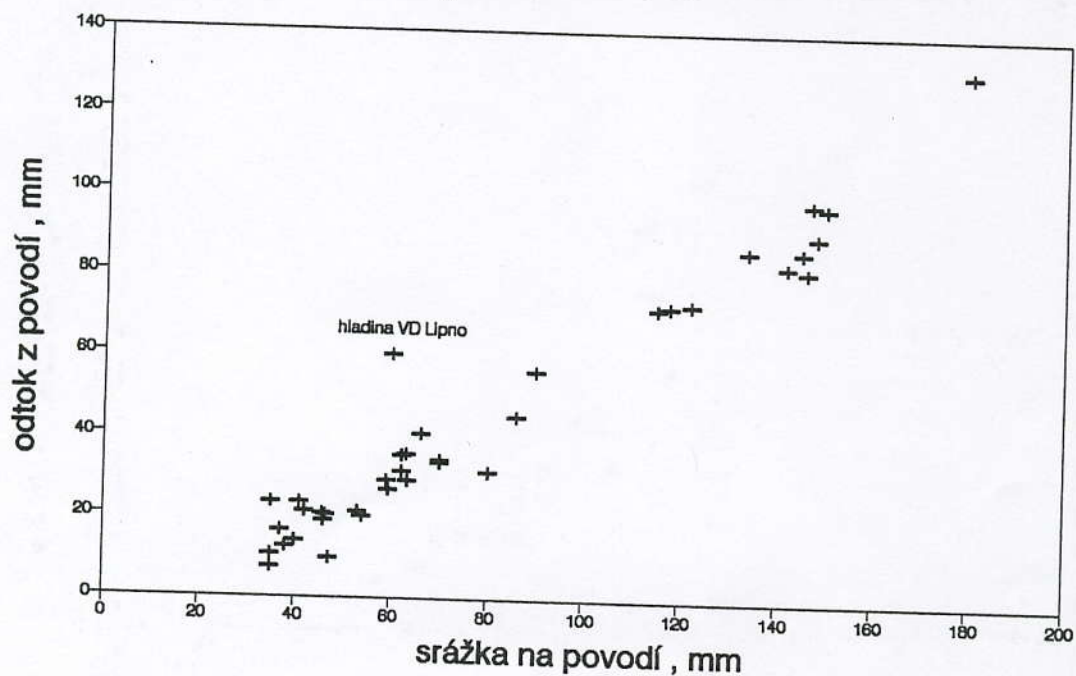
Obr. 24

Přítok do VD Lipno - bilanční výpočet
průtoky 18.12. - 28.12.1993



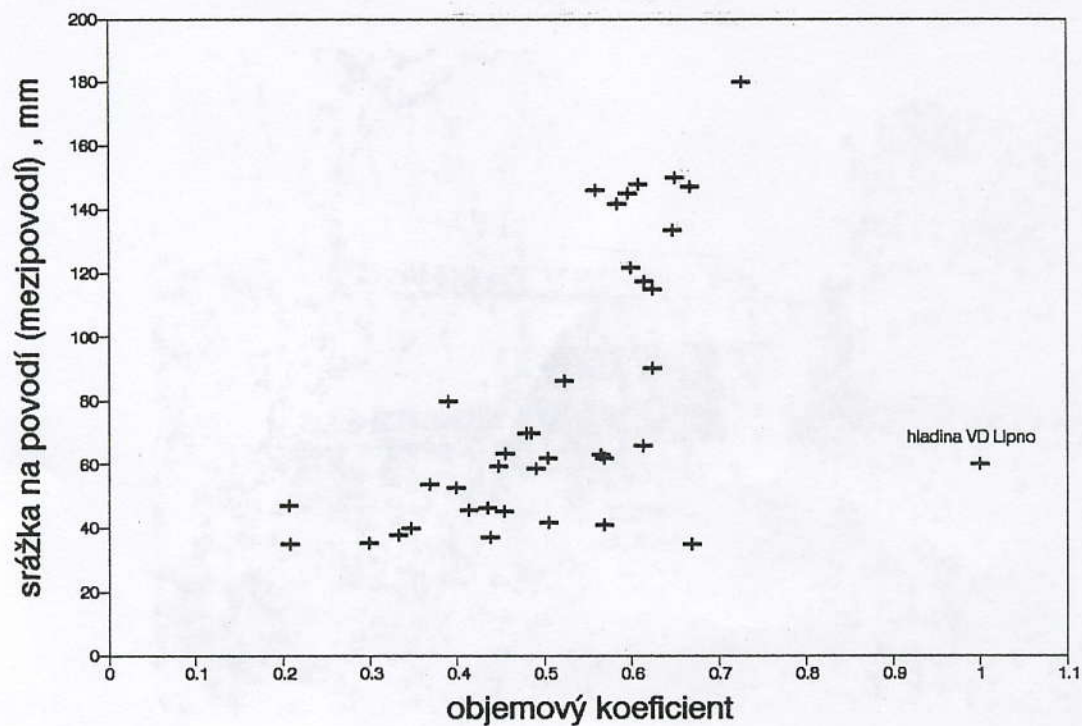
Obr. 25

Vztah srážky a odtoku
prosinec 1993



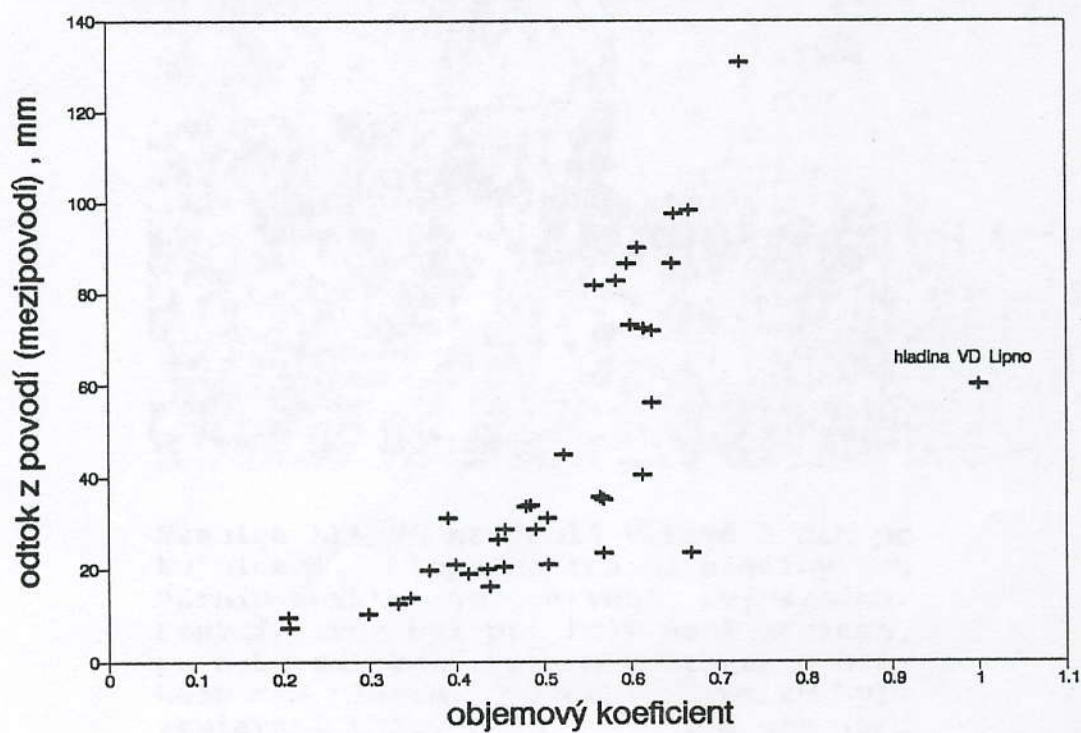
Obr. 26

Vztah srážky a objemového koeficientu
prosinec 1993

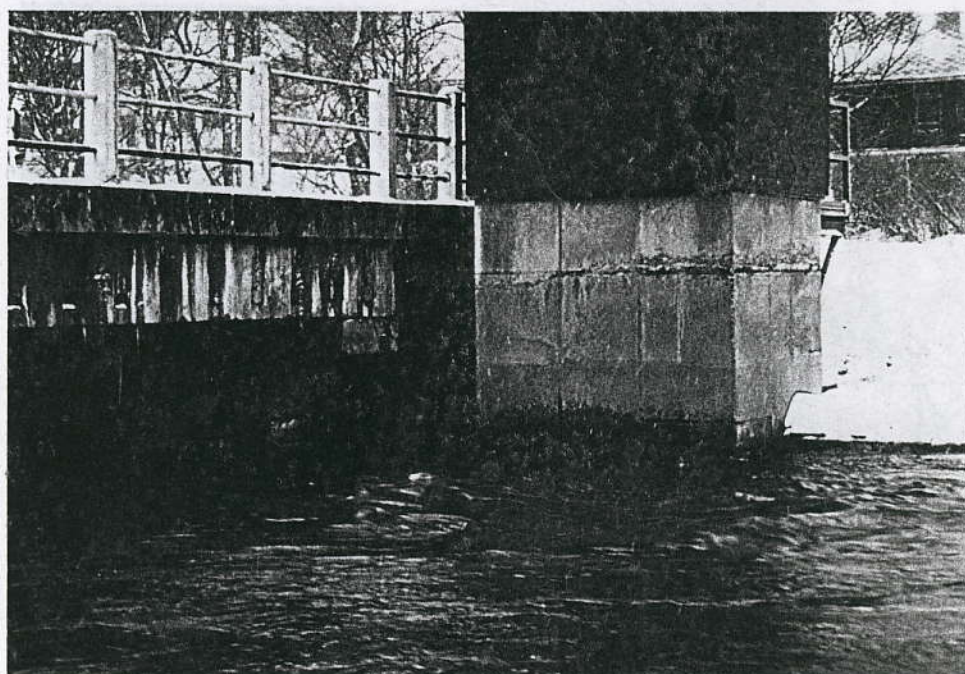
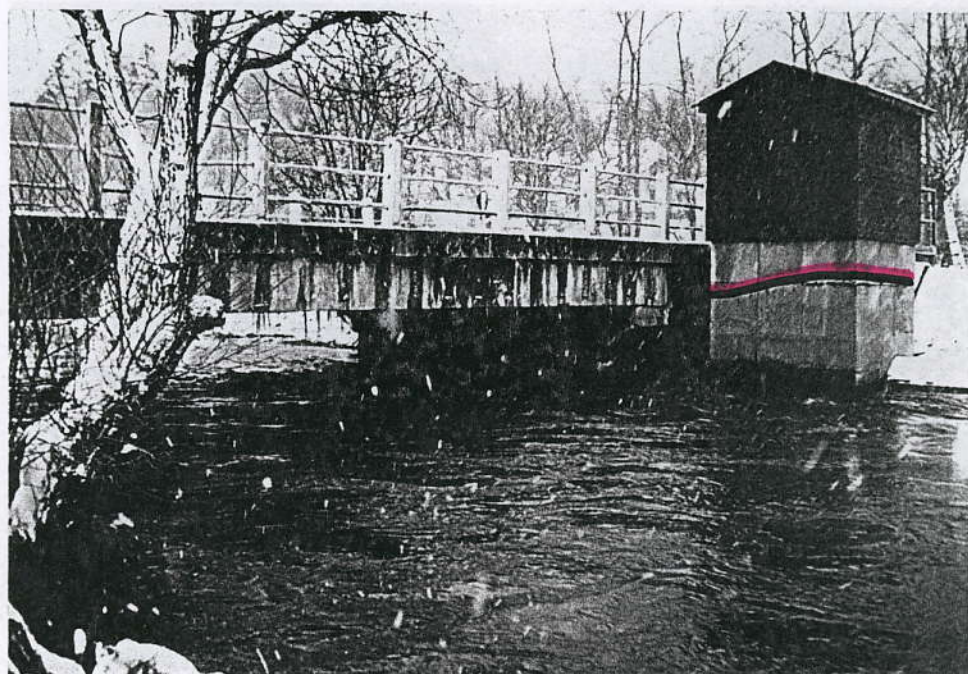


Obr. 27

Vztah objem. koeficientu a odtoku
prosinec 1993



Obr. 28



Stanice LENORA na Teplé Vltavě 1 den po kulminaci, stopa maximální hladiny na horním snímku je červeně zvýrazněna. Mostní otvor byl při kulminaci zahlcen, po dobu zahlcení voda pod mostem protékala pod tlakem, vozovka na mostu byla zaplavena vrstvou vody do výše cca 30cm (spodní trubka zábradlí).



Most přes Řásnici u obce Hliniště 1 den po kulminaci, o jeho zahlcení svědčí výmol v místě označeném na horní fotografii šipkou, na dolním snímku je zachycen detail téhož místa.