

System včasného varování v případě výskytu přívalových srážek

Daniela Ďuráková, Václav Snášel
Katedra informatiky, FEI, VŠB-TU Ostrava
daniela.durakova@vsb.cz, vaclav.snasel@vsb.cz

Arnošt Grmela, Jiří Horák, Petr Rapant
Institut geologického inženýrství, Institut geoinformatiky
HGF, VŠB-TU Ostrava
arnost.grmela@vsb.cz, jiri.horak@vsb.cz, petr.rapant@vsb.cz

Jan Fraj, Tomáš Havlíček, Jiří Starý
firma HaSaM, s.r.o., Zlín
frac@hasam.cz

Arnošt Hošek, Pavel Lipina, Dušan Židek
ČHMÚ, pobočka Ostrava
lipina@chmi.cz, zidek@chmi.cz

Abstrakt

Katastrofální povodně lokálního i globálního rozsahu z posledních let ukazují, že pro potřeby ochrany území před povodněmi dnes není k dispozici vhodný výstražný systém, který by umožnil včas detekovat výskyt přívalových srážek, vymezit oblast jejich spadu a případně alespoň přibližně kvantifikovat jejich množství. Z těchto informací by totiž bylo možné poměrně snadno identifikovat oblasti ohrožené povodní a na tomto podkladě včas o hrozícím nebezpečí vyrozumět relevantní složky veřejné správy, integrovaného záchranného systému a samozřejmě i obyvatele z těchto ohrožených oblastí.

Popis problému

Nedávné katastrofální povodně (1997 Morava, 2002 Čechy), ale i mnohé lokální incidenty (Zátor, Olešnice) ukázaly, že pro potřeby Českého hydrometeorologického ústavu (dále ČHMÚ), ale i Integrovaného záchranného systému (dále IZS) nejsou plně k dispozici takové informace a prostředky včasné výstrahy, které by byly schopné včas detekovat vznik náhlých přívalových srážek již v lokálním měřítku, aby bylo možné vymezit hranici zasažené oblasti a případně i kvantifikovat množství spadlých (nebo padajících) srážek tak, aby to umožňovalo:

- včas vyhodnotit hrozící nebezpečí i jeho rozsah,
- včas připravit jednotlivé složky státní správy i samosprávy na vznikající situaci a spustit příslušné mechanismy směřující ke zvládnutí vznikajícího nebezpečí,
- včas vyrozumět obyvatelstvo o hrozícím nebezpečí.

Zvláště události z roku 2002 ukázaly, že při včasné informovanosti o vývoji srážek by bylo možné dopady povodní zmírnit.

Pracovníci katedry informatiky a institutu geoinformatiky se v roce 2003 zapojili do soutěže vypsané Grantové agentury ČR, která byla specificky zaměřená na problematiku povodní, s návrhem grantu nazvaného „**Systém včasného varování v případě výskytu přívalových srážek**“.

Cíl grantového projektu

Cílem grantového projektu bylo ověřit možnost vybudování systému včasné výstrahy, který umožní:

- včas detekovat vznik náhlých přívalových srážek,
- vymežit hranice zasažené oblasti,
- kvantifikovat množství spadlých (nebo padajících) srážek v síti podstatně podrobnější, než je stávající základní pozorovací síť ČHMÚ,
- případně bude schopen poskytnout i další údaje nezbytné pro hodnocení meteorologické situace.

Dále se bude přihlížet ke splnění následujících kritérií:

- nízké náklady na vybudování,
- nízké náklady na provoz,
- pokrytí celého území státu,
- vysoká odolnost a spolehlivý provoz i za ztížené situace,
- poskytování věrohodných údajů s přesnou lokalizací místa sběru pro potřeby dalšího zpracování,
- možnost integrace do existujícího systému pro předpověď a varování před povodněmi (Flood Forecasting and Warning System) provozovaný ČHMÚ.

Plánované výstupy

Výsledkem navrhovaného projektu má být ověření možnosti vytvoření celoplošného systému včasné výstrahy. Navrhovaný systém uvedeného rozsahu bude schopen včas detekovat vznik náhlých lokálních přívalových srážek, pomůže vymežit hranice zasažené oblasti a případně i kvantifikovat množství spadlých (nebo padajících) srážek. Na základě toho dále umožní s potřebným předstihem vyhodnotit hrozící nebezpečí i jeho rozsah, umožní včas připravit jednotlivé složky státní správy i samosprávy na vznikající situaci. Příslušné orgány pak mohou spustit mechanismy směřující ke zvládnutí vznikajícího nebezpečí, mimo jiné jim to také umožní včas vyrozumět obyvatelstvo o hrozícím nebezpečí.

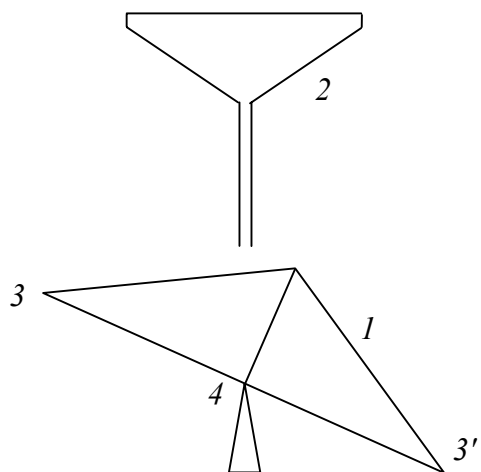
Přívalové srážky

První problém, který bylo potřebné vyřešit, bylo definování přívalových srážek a stanovení kvantitativního kritéria, umožňujícího jejich identifikaci. Po diskusích s kolegy z ČHMÚ bylo stanoveno, že za kritickou mez pro naši potřebu stanovíme intenzitu srážek $5 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ pro nejnepříznivější podmínky (horské oblasti s příkrými svahy). V rovinných oblastech může být tato hodnota výrazně vyšší. Jedním z výstupů grantu je návrh detektoru přívalových srážek, schopného detekovat překročení výše uvedené meze.

Detektor přívalových srážek

Detektor přívalových srážek je tvořen jednoduchým překlápěcím mechanismem, jehož schéma je na obrázku 1. Nálevka zachycuje srážky a usměrňuje jejich tok na vahadlo a nosnou konstrukci. Tělo vahadla *1* je rozděleno střední přepážkou na dva prostory, které se střídavě plní vodou zachycenou nálevkou *2*. Je-li vahadlo prázdné, leží jeho těžiště blíže té z odtokových hran *3* resp. *3'*, která je níže. Vahadlo je ve stabilním stavu. Při zaplňování prostoru, jehož odtoková hrana je zdvižená, zachycenou srážkovou vodou, dochází postupně k přesouvání těžiště vahadla směrem k této hraně. Jakmile se těžiště přesune na opačnou stranu opěrné hrany *4*, dostane se vahadlo do nestabilního stavu a dojde k jeho samovolnému překlopení. Voda ze zaplněného prostoru oteče a zachycované srážky začnou postupně zaplňovat druhý prostor. Překlopení vahadla je snímáno magneticky spínaným kontaktem. Kontakt je umístěn na nosné konstrukci vahadla a magnet (resp. dva magnety – z důvodu symetrie) na střední přepážce vahadla.

Rozměry vahadla a nálevky jsou voleny tak, aby k dvojímu překlopení (tj. „tam a zpět“) došlo při spadu cca 2 mm srážek. Přesnou hodnotu bylo nezbytné pro každé vahadlo určit kalibrací. Dvojí překlopení je bráno z důvodu možné nesymetrie vahadla, způsobené ruční výrobou.

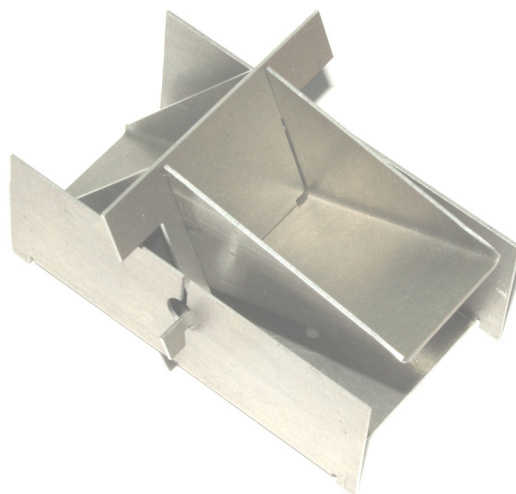


Obr. 1 Schéma detektoru přívalových srážek.

Ukázka konstrukčního řešení detektoru je ukázána na fotografiích na obr. 2. Jedná se o jeden ze tří ručně vyrobených funkčních vzorků, který byl umístěn na pozemku meteorologické stanice ČHMÚ, pobočka Ostrava – Poruba. Funkční vzorky byly vyrobeny tak, aby umožnily spolehlivě ověřit vlastní princip detekce přívalových srážek, a přitom byly výrobně co nejjednodušší a nejlevnější. Na základě praktických zkušeností byla konstrukce vahadla zkonstruována a upravena tak, aby byla co nejjednodušší z hlediska profesionální výroby. Následně byla pořízena výkresová dokumentace v CAD, podle které bylo na zakázku vyrobeno pět prototypů vahadla. Ty byly vyřezány laserem z duralu a ohnuty do finálního tvaru. Jednotlivé vyřiznuté díly byly spojeny lepením. Výsledkem je ukázán na obr. 3. Výhodou tohoto řešení jsou identické rozměry jednotlivých kusů.



Obr. 2 Snímek funkčního vzorku detektoru nainstalovaného na pozemku meteorologické stanice ČHMÚ, pobočka Ostrava – Poruba.



Obr. 3 Snímek finálního řešení prototypu vahadla.

Detekce přívalových srážek

Jak již bylo zmíněno, pro účely tohoto grantu bylo dohodnuto, že za kritickou hodnotu je považován spád 5 mm srážek za hodinu. Znamená to tedy, že naším cílem je indikovat stavy, kdy přírůstek srážek překračuje tuto hodnotu.

Vlastní měření námi navrženým detektorem probíhá tak, že do databáze jsou postupně zaznamenávány jednotlivé impulsy, reprezentující spád určitého množství srážek daných konstantou k daného detektoru. Ukázka prvních výsledků měření detektorem „Ostrava – Poruba“ je uveden v tabulce 1.

k = 1,9 mm

Čas	Datum	Imp.	Kde
9:37:15	18.7.03	1	MS Poruba
10:44:04	18.7.03	2	MS Poruba
21:54:32	22.7.03	3	MS Poruba
21:55:47	22.7.03	4	MS Poruba
21:56:43	22.7.03	5	MS Poruba
21:57:43	22.7.03	6	MS Poruba
21:58:31	22.7.03	7	MS Poruba
21:59:31	22.7.03	8	MS Poruba
22:00:15	22.7.03	9	MS Poruba
22:01:12	22.7.03	A	MS Poruba
22:02:13	22.7.03	B	MS Poruba
22:03:49	22.7.03	C	MS Poruba
22:06:40	22.7.03	D	MS Poruba
22:09:35	22.7.03	E	MS Poruba
22:27:19	22.7.03	F	MS Poruba
18:02:40	23.7.03	10	MS Poruba
18:40:37	23.7.03	11	MS Poruba

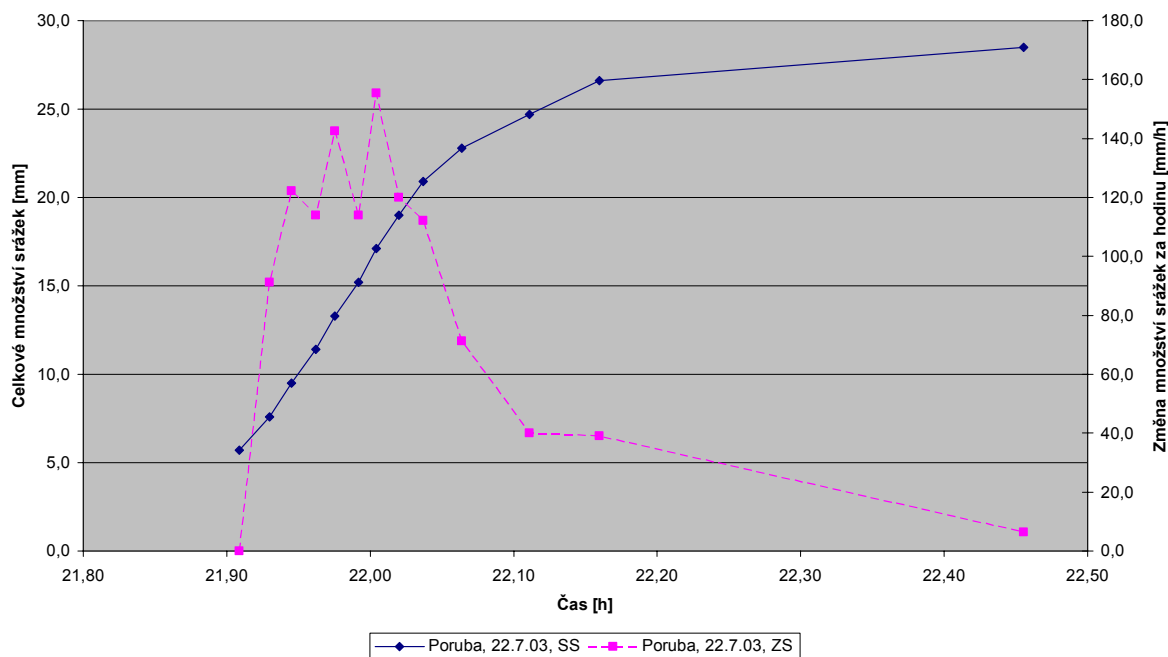
Tab. 1 Výsledky měření detektorem „Ostrava – Poruba“.
 Význam sloupců: Čas – čas příchodu impulsu; Datum – datum příchodu impulsu;
 Imp. – pořadové číslo impulsu (hexadecimálně); Kde – místo měření; k – konstanta detektoru.

Z těchto měření byla vyseparována data vztahující se ke srážkové epizodě ze dne 22.7.2003. Pro tato data byl spočítán čas příchodu impulsu v hodinách v daném dni a přírůstek srážek za hodinu (v milimetrech za hodinu). Výsledky byly vyneseny do grafu (viz tabulka 2 a obr. 4).

Čas	Datum	Imp.	Kde	T	Celkové množství srážek [mm]	Přírůstek srážek [mm/h]
21:54:32	22.7.03	3	MS Poruba	21,91	5,7	0,0
21:55:47	22.7.03	4	MS Poruba	21,93	7,6	91,2
21:56:43	22.7.03	5	MS Poruba	21,95	9,5	122,1
21:57:43	22.7.03	6	MS Poruba	21,96	11,4	114,0
21:58:31	22.7.03	7	MS Poruba	21,98	13,3	142,5
21:59:31	22.7.03	8	MS Poruba	21,99	15,2	114,0
22:00:15	22.7.03	9	MS Poruba	22,00	17,1	155,5
22:01:12	22.7.03	A	MS Poruba	22,02	19,0	120,0
22:02:13	22.7.03	B	MS Poruba	22,04	20,9	112,1
22:03:49	22.7.03	C	MS Poruba	22,06	22,8	71,2
22:06:40	22.7.03	D	MS Poruba	22,11	24,7	40,0
22:09:35	22.7.03	E	MS Poruba	22,16	26,6	39,1
22:27:19	22.7.03	F	MS Poruba	22,46	28,5	6,4

Tab. 2 Výsledky zpracování dat z měření na stanici Ostrava – Poruba.
 Oproti tabulce 1 přibylý sloupec: T – čas příchodu impulsu v hodinách; Celkové množství srážek – množství srážek zaregistrované od počátku měření v milimetrech; Přírůstek srážek – rychlost nárůstu celkového množství srážek v milimetrech za hodinu.

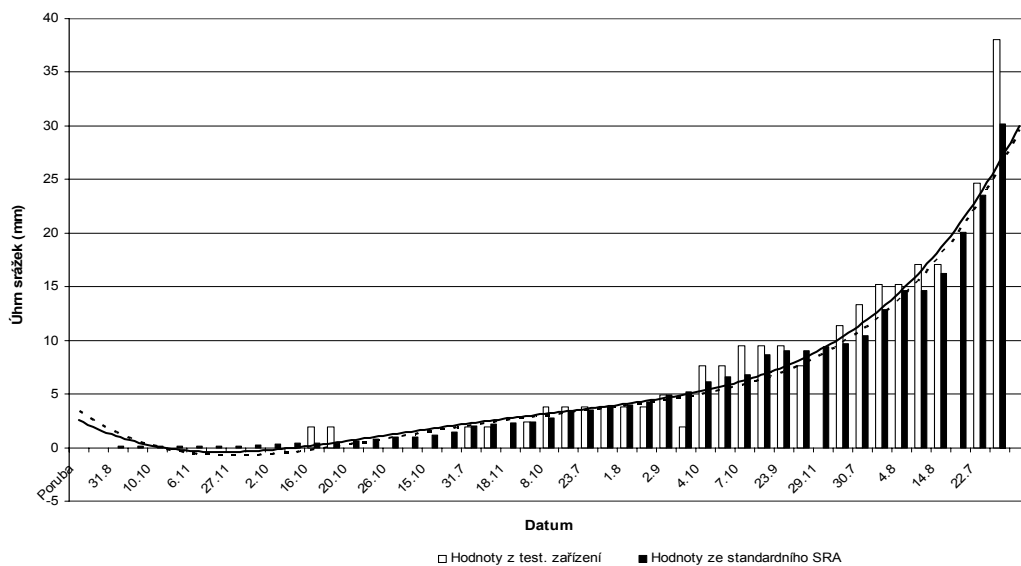
Vývoj srážek na stanici Ostrava poruba 22.7.2003



Obr. 4 Grafické znázornění výsledků z tabulky 2.

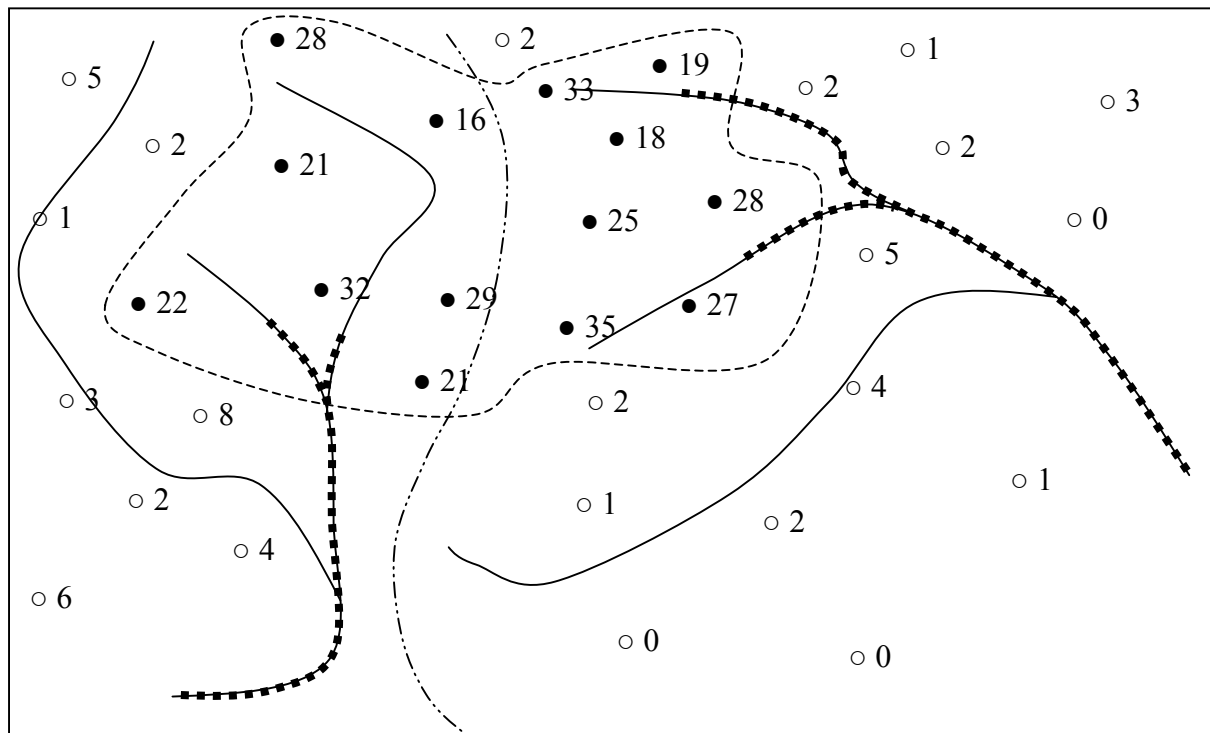
Plná čára – vývoj celkového množství srážek v milimetrech v průběhu srážkové epizody;
 Čárkovaná čára – vývoj změny množství srážek v milimetrech za hodinu v průběhu srážkové epizody.

Srovnání výsledků měření úhrnů srážek - standardní srážkoměr ČHMÚ a zařízení testované v rámci grantu



Obr. 5 Srovnání výsledků měření přístroje Ostrava – Poruba – hodnoty seříděny vzestupně dle údajů ze standardního srážkoměru ČHMÚ, proloženo trendovou křivkou.

Z tabulky i grafu je patrné, že tato srážková epizoda „běžela v režimu přívalových srážek“, tj. významně překročila danou mez, avšak vzhledem k délce této epizody (striktně vzato 32 minut, ale de facto jen cca 12 minut) by asi rozhodně neznamenal nebezpečí. Z toho vyplývá, že navrženým detektorem i postupem vyhodnocování je možné poměrně spolehlivě detekovat nejen přívalový déšť jako takový, ale dokonce i jeho nástup. Pro případné vyhlášení nebezpečí však bude nezbytné zohlednit i celkovou délku trvání nebezpečných srážek a jejich plošný rozsah.



Obr. 6 Simulovaný příklad: přibližné vyhodnocení nejhorší varianty dopadu přívalových srážek na jednotlivá jimi zasažená povodí (resp. vodní toky).

Plná kolečka – detektory indikující přívalové srážky (číslo udává množství srážek od začátku srážkové epizody);
Prázdná kolečka – detektory neindikující přívalové srážky (číslo udává množství srážek od začátku srážkové epizody);
Čárkovaná čára – vymezení oblasti postižené přívalovými srážkami; *Plná čára* – vodní toky;
Čerchovaná čára – hranice povodí; *Tečkovaná čára* – ohrožené úseky vodních toků.

Zde lze předpokládat potřebu dalšího výzkumu. Vzhledem k tomu, že srovnání s měřením množství srážek profesionálními stanicemi vyznívá pro navržený detektor příznivě (viz obr. 5), bylo by možné v případě celoplošného rozmístění detektorů vyhodnotit i plošný rozsah přívalových srážek, jejich celkové množství a jejich dopad na jednotlivá povodí. Pak by bylo možné relativně spolehlivě rozpoznat hrozící nebezpečí a vyslat výstrahu ohroženým obcím ležícím ve směru odtoku těchto srážek. Příklad možného vyhodnocení pomocí GIS je na obr. 6. Jedná se samozřejmě o simulovaný příklad.

Závěr

Dosavadní výsledky testování, zejména porovnání výsledků měření s profesionálními stanicemi, ukazují, že navržená metoda je použitelná a dává akceptovatelné výsledky. Další výzkum se soustředí na stanovení metodiky vyhodnocení měření z plošně rozmístěných detektorů.

Poděkování

Prezentovaná práce byla realizována díky podpoře Grantové agentury České republiky (číslo grantu 102/03/Z054).