

Analýza 2.

ŠTANDARDNÉ METÓDY PREVENCIE PRED POVODŇAMI V OBLASTI PODPORY

Obsah

ÚVOD	5
METODIKA SPRACOVANIA	7
POUŽÍVANÉ METÓDY PREVENCIE PRED POVODŇAMI V OBLASTI PODPORY PROJEKTU	8
1. MAPOVANIE OBLASTÍ OHROZENÝCH POVODŇAMI	8
a) Technický opis metódy manažmentu povodňového rizika s teoretickými predpokladmi..	8
b) Opis výhod a nevýhod metódy	11
c) Hodnotenie užitočnosti aplikácie metódy	12
d) Uplatnenie metódy na okresy/povodne ohrozené povodňami v oblasti podpory	12
2. TECHNICKÉ METÓDY NA ZNÍŽENIE NEGATÍVNYCH ÚČINKOV POVODNÍ - PASÍVNA OCHRANA	15
a) Technický opis metód prevencie pred povodňami s teoretickými predpokladmi	15
i) Vybrané typy technických opevnení	16
ii) Vybrané typy prírodných (biotechnických) opevnení	20
b) Opis výhod a nevýhod metódy	23
c) Posúdenie vhodnosti použitia metódy	23
d) Príklady použitia metód na boj proti povodňam z okresov/povodí nachádzajúcich sa v oblasti programu	24
3. INFRAŠTRUKTÚRNE (TECHNICKÉ) METÓDY NA ZNÍŽENIE NEGATÍVNYCH ÚČINKOV POVODNÍ – KONTROLA VEĽKOSŤ POVODŇOVÝCH PRIETOKOV (AKTÍVNA OCHRANA)	26
a) Technický opis metódy prevencie pred povodňami s teoretickými predpokladmi	26
b) Opis výhod a nevýhod metódy	30
c) Posúdenie vhodnosti metódy	31
d) Príklady použitia metódy na boj proti povodňam z okresov/oblastí, ktoré sa nachádzajú v podporovanej oblasti	31
4. MONITOROVANIE POVODNÍ (METEOROLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ)	32
a) Technický opis metódy prevencie povodní s teoretickými predpokladmi	32

b) Opis výhod a nevýhod metódy	33
c) Posúdenie použiteľnosti metódy	34
d) Príklady, ako možno metódu použiť na boj proti povodňam z okresov/oblastí nachádzajúcich sa v oblasti podpory.....	34
LITERATÚRA.....	35

ÚVOD

Povodne spôsobujú jedny z najväčších škôd spomedzi mimoriadnych udalostí, ktoré sa vyskytujú v našej krajine. Za ochranu pred povodňami je zodpovedná štátna správa a všetky úrovne miestnej samosprávy. Ochranu pred povodňami v Poľsku upravuje niekoľko právnych predpisov a stratégií, ktorých cieľom je minimalizovať následky povodní. Najdôležitejšie právne akty a dokumenty týkajúce sa tejto problematiky sú:

- **Zákon č. 364/2004 z 13. mája 2004 – o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon)**
 - Zákon o vodách upravuje ochranu pred povodňami prostredníctvom stanovenia povodňových území, určenia záplavových zón, vyhotovovania povodňových plánov a stanovenia povinností pri ochrane pred povodňami a realizácii protipovodňových opatrení.
- **Zákon č. 17/1992 z 05. decembra 1991 o životnom prostredí**
 - Zákon o životnom prostredí ustanovuje všeobecné zásady ochrany životného prostredia vrátane predchádzania environmentálnym rizikám a povinnosti vykonávať preventívne opatrenia proti negatívnym vplyvom (vrátane povodní) na životné prostredie a ľudské zdravie.
- **Zákon č. 302/2001 z 04. júla 2001 o samospráve vyšších územných celkov (zákon o samosprávnych krajoch)**
 - Zákon o samosprávnych krajoch upravuje postavenie, pôsobnosť a orgány vyšších územných celkov (krajov), pričom im zveruje kompetencie v oblasti regionálneho rozvoja, životného prostredia, civilnej ochrany a koordinácie záchranných prác pri mimoriadnych situáciách vrátane povodní.
- **Zákon č. 387/2002 z 21. júna 2002 o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnoveho stavu**
 - Zákon o riadení štátu v krízových situáciách upravuje systém riadenia a koordinácie opatrení pri krízových situáciách (vrátane povodní a živelných pohrôm), ustanovuje právomoci štátnych orgánov, samosprávy a Ústredného krízového štábu a definuje režimy krízových situácií vrátane vyhlásenia núdzového stavu.
- **Zákon č. 200 z 27. apríla 2022 o územnom plánovaní**
 - Zákon o územnom plánovaní upravuje priestorové usporiadanie a funkčné využívanie územia, pričom pri plánovaní vyžaduje zohľadnenie prírodných rizík vrátane povodňového ohrozenia, ochranu zástavby pred povodňami a rešpektovanie záplavových území a protipovodňovej ochrany.
- **Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík**
 - Ustanovuje jednotný rámec pre hodnotenie a manažment povodňových rizík v EÚ, vyžaduje vypracovanie predbežného hodnotenia povodňového rizika, máp povodňového ohrozenia a povodňového rizika a plánov manažmentu povodňových

rizík s cieľom znížiť negatívne dôsledky povodní na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť..

Na Slovensku je podľa Ministerstva životného prostredia SR takmer 3000 kilometrov vodných tokov, na ktorých je identifikovaná potenciálna hrozba povodne.

Na účinné riadenie povodňových rizík je potrebná spolupráca medzi rôznymi inštitúciami, ako sú štátna správa, miestne orgány a mimovládne organizácie. Vyžaduje si to aj znalosti o tom, ako znížiť negatívne účinky extrémnych udalostí, medzi ktoré patria aj povodne. Cieľom tejto štúdie je poskytnúť časť informácií o metódach, ktoré pomôžu chrániť ľudí a majetok pred škodlivými účinkami povodní. Tieto poznatky môžu byť užitočné pre predstaviteľov samosprávy, ako aj pre jednotlivých obyvateľov miest, obcí a okresov žijúcich v ohrozených oblastiach.

METODIKA SPRACOVANIA

Štúdia poskytuje prehľad metód používaných pri zmiernovaní následkov povodní, ktoré sa uplatňujú v miestnych samosprávach nachádzajúcich sa v oblasti podpory v Poľsku aj na Slovensku. Na tento účel bola použitá dostupná literatúra, webové stránky obcí a okresov a rôznych inštitúcií vrátane výskumných inštitúcií. Využité boli aj poznatky zamestnancov samospráv a vedeckých pracovníkov, ktorí vykonávajú pozorovania alebo výskum v oblasti projektu. V súlade so zadaním štúdia obsahuje: technický opis metódy protipovodňovej ochrany s teoretickými predpokladmi, opis výhod a nevýhod jednotlivých metód, zhodnotenie použiteľnosti metódy a príklady aplikácie týchto metód z okresov alebo období nachádzajúcich sa v poľskej aj slovenskej oblasti podpory.

Okresy v Poľsku: v Sliezskom vojvodstve: Pszczyński, Cieszyński, Bielski, mesto s právami okresu Bielsko-Biala, Żywiecki, v Malopoľskom vojvodstve: Olkuski, Chrzanowski, Oświęcimski, Wadowicki, Suski, Myślenicki, Tatrzański, Nowotarski, Limanowski, Nowosądecki, mesto s právami okresu Nowy Sącz, Gorlicki, v Podkarpatskom vojvodstve: Bieszczadzki, Leski, Sanocki, Brzozowski, Krośnieński, mesto s právami okresu Krosno, Jasielski, Rzeszowski, mesto s právami okresu Rzeszów, Przeworski, Przemycki, mesto s právami okresu Przemyśl, Jarosławski, Lubaczowski.

Okresy na Slovensku: v Žilinskom samosprávnom kraji: Čadca, Kysucké Nové Mesto, Bytča, Žilina, Martin, Turčianske Teplice, Ružomberok, Dolný Kubín, Námestovo, Tvrdošín, Liptovský Mikuláš, v Prešovskom samosprávnom kraji: Poprad, Kežmarok, Stará Ľubovňa, Levoča, Sabinov, Bardejov, Svidník, Prešov, Vranov nad Topľou, Stropkov, Medzilaborce, Humenné, Snina, v Košickom samosprávnom kraji: Spišská Nová Ves.

Zámerom tohto spracovania podľa objednávky nebolo určenie, aké metódy sa používajú v jednotlivých okresoch, ale prehľad metód, ktoré sa používajú v samosprávach umiestnených v oblasti podpory spolu s ich podrobnou charakteristikou. Počas spracovania sa využívala aj dostupná literatúra, ktorej zoznam je umiestnený na konci spracovania.

Spracovanie bolo vykonané podľa nasledujúcej schémy vyplývajúcej z opisu predmetu objednávky:

- a) Technický opis metódy prevencie zosuvu spolu s teoretickými predpokladmi
- b) Opis nevýhod a výhod každej metódy
- c) Hodnotenie vhodnosti použitia metódy
- d) Príklady použitia metód prevencie z okresov umiestnených v oblasti podpory, tak poľských ako aj slovenských

POUŽÍVANÉ METÓDY PREVENCIE PRED POVODŇAMI V OBLASTI PODPORY PROJEKTU

Podľa definície obsiahnutej v zákone o vodnom práve (Zbierka zákonov 2017, položka 1566) sa povodňou rozumie dočasné pokrytie územia, ktoré nie je bežne pokryté vodou, najmä spôsobené prívalom vody v prirodzených vodných tokoch, vodných nádržiach, kanáloch a z mora, s výnimkou pokrytia územia vodou spôsobeného prívalom vody v kanalizačných systémoch.

V rámci okresov v oblasti projektu sa zistilo, že sa používa niekoľko štandardizovaných metód na boj proti účinkom povodní. Tieto metódy sú opísané nižšie.

1. MAPOVANIE OBLASTÍ OHROZENÝCH POVODŇAMI

a) Technický opis metódy manažmentu povodňového rizika s teoretickými predpokladmi

Mapovanie oblastí ohrozených povodňami pozostáva z určenia oblastí ohrozených zaplavením povodňovými vodami. V súčasnosti sa pri tomto mapovaní využívajú digitálne ortofotomapy a databázy topografických objektov, ako aj numerické modely terénu a numerické modely krajiny pokrývky založené na údajoch z meraní získaných leteckým laserovým skenovaním (LiDAR). Realizácia projektu umožnila okrem iného získať presné údaje LiDAR z takmer celého územia krajiny a vykonať matematické a hydraulické modelovanie transformácie povodňovej vlny a porúch hrádí pre všetky rieky, na ktoré sa projekt vzťahuje. Výsledkom boli okrem iného mapy povodňového rizika a mapy povodňového ohrozenia, ktoré sú nevyhnutné pre plánovanie ochrany pred povodňami. Tieto mapy sú prezentované na verejnom portáli Ministerstva Životného prostredia (https://mpt.svp.sk/svp_vmapportal/), ktorý poskytuje informácie o vodnom hospodárstve na Slovensku. Mapa povodňového ohrozenia a predbežné hodnotenie povodňového rizika sú umiestnené aj na Národnom geoportáli (<https://mapy.geoportal.gov.pl>), tiež vo forme WMS služby, ktorá umožňuje zobrazenie máp pomocou softvéru GIS (geografické informačné systémy).

Mapy povodňového ohrozenia (MPO) zobrazujú oblasti s určitou pravdepodobnosťou výskytu povodní. Sú to:

- oblasti s nízkou pravdepodobnosťou výskytu povodne raz za 500 rokov (0,2 %) alebo oblasti, kde je pravdepodobný výskyt extrémnej udalosti;
- oblasti so strednou pravdepodobnosťou zaplavenia raz za 100 rokov (1 %), známe ako "100-ročné" vody;
- oblasti s vysokou pravdepodobnosťou zaplavenia raz za 10 rokov (10 %);
- oblasti s vysokou pravdepodobnosťou zaplavenia raz za 10 rokov (10 %); oblasti, ktoré zahŕňajú oblasti náchylné na zaplavenie v prípade zničenia/poškodenia protipovodňovej bariéry/štruktúry.

Mapy povodňového ohrozenia zohľadňujú aj hĺbku vody a rýchlosť a smery prúdenia vody (pre krajské mestá a mestá s právom okresu a ostatné mestá s viac ako 100 000 obyvateľmi), pričom sa berie do úvahy miera ohrozenia ľudí a spôsob, akým voda pôsobí na budovy.

Mapy povodňového rizika (MPR) uvádzajú hodnoty potenciálnych povodňových strát a zobrazujú objekty ohrozené povodňou v prípade výskytu povodne s určitou pravdepodobnosťou. To umožňuje posúdiť povodňové riziká pre ľudské zdravie a život, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť.

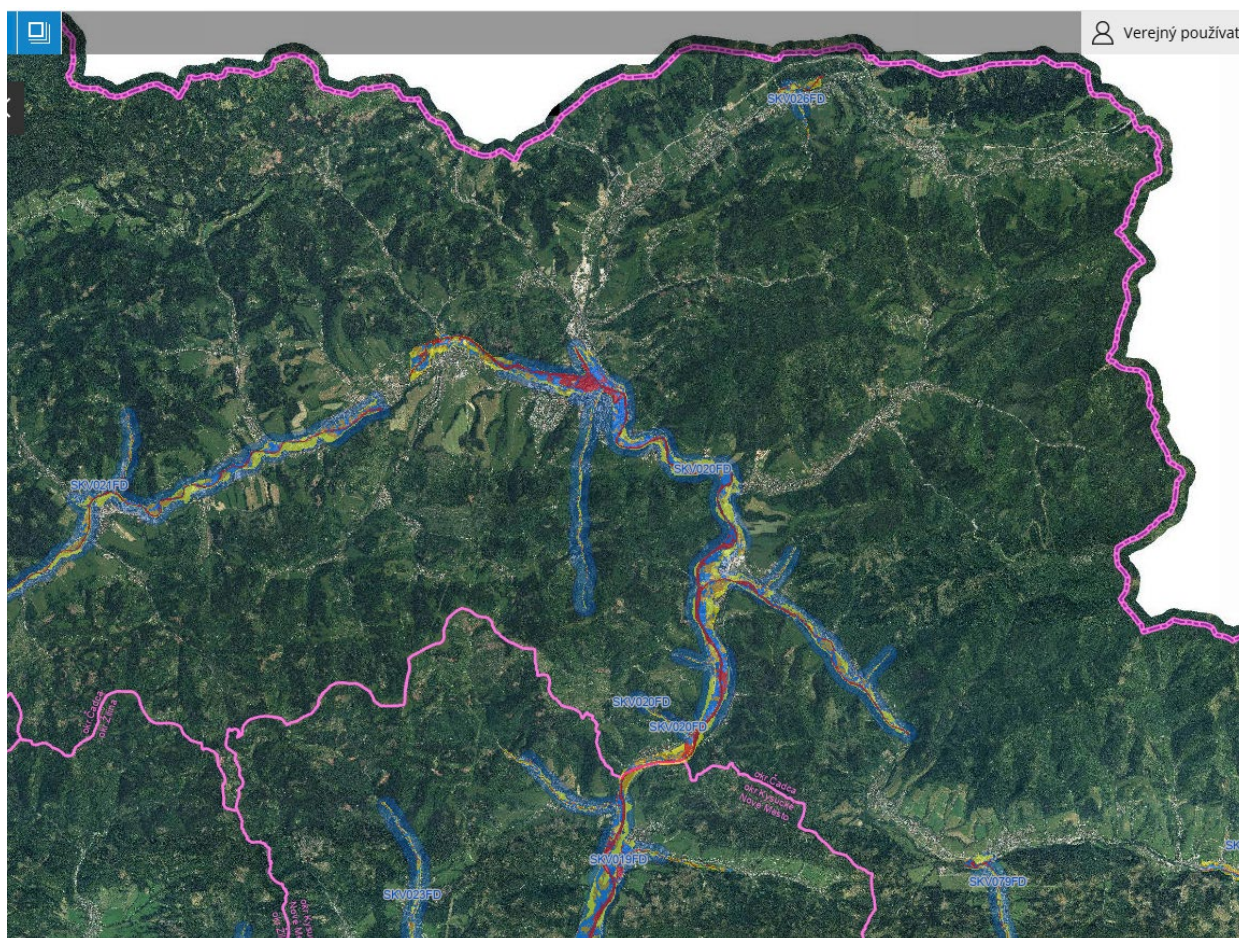
Tieto mapy zahŕňajú:

- odhadovaný počet obyvateľov, ktorí môžu byť postihnutí povodňami;
- obytné budovy a budovy osobitného spoločenského významu (napr. nemocnice, školy, škôlky, jasle, hotely, nákupné centrá a centrá služieb, domovy sociálnej starostlivosti, väznice, záchytné centrá, policajné jednotky);
- druhy hospodárskych činností vykonávaných v oblastiach ohrozených povodňami vo forme tried využitia pôdy (pôda: obytné, priemyselné, dopravné, rekreačné a oddychové oblasti; lesy, orná pôda a trvalé kultúry, trávnaté plochy, povrchové vody);
- oblasti a objekty kultúrneho dedičstva;
- zariadenia, ktoré môžu v prípade povodne spôsobiť významné znečistenie jednotlivých prírodných prvkov alebo životného prostredia ako celku;
- chránené územia (odbery povrchových a podzemných vôd, ochranné pásma odberov vody, oblasti kúpania, lokality Natura 2000, národné parky a prírodné rezervácie, zoologické záhrady;
- potenciálne ohniská znečistenia vody v prípade povodní (t. j. priemyselné podniky, čističky odpadových vôd, čerpace stanice odpadových vôd, skládky odpadov, cintoríny);

Mapy obsahujú aj informácie o hodnote potenciálnych strát pre rôzne triedy využitia pôdy, t.j. obytné oblasti, priemyselné oblasti, komunikačné oblasti, lesy, rekreačné a oddychové oblasti, orná pôda a trvalé kultúry, trávnaté plochy.

MPR sa vypracúva v dvoch verziách:

- Mapa povodňového rizika - potenciálne negatívne vplyvy na život a zdravie ľudí a hodnoty potenciálnych povodňových strát
- Mapa povodňového rizika - potenciálne negatívne vplyvy na životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodárske činnosti (obrázok 1).



Obrázok 1. Mapa vygenerovaná z priestorového informačného systému pre oblasť okresu Čadca zobrazujúca hranice okresu (ružová farba) a povodňové riziko v oblasti riek. (modrá a červená farba).

Mapy povodňového ohrozenia (MPO) a mapy povodňového rizika (MPR) sú dostupné aj pre územie Poľska na geoportáli, ktorý sa prevádzkuje na portáli:

<https://wody.isok.gov.pl/hydroportal.html>. Mapy povodňového ohrozenia tu boli vypracované

podľa scenárov maximálnych prietokov povodní s pravdepodobnosťou výskytu raz za 10 rokov, 100 rokov a 1 000 rokov.

b) Opis výhod a nevýhod metódy

Pri používaní tejto metódy je dôležité mať na pamäti, že nepredstavuje povodňové riziko v reálnom čase. Mapy sú výsledkom výpočtov hydraulických modelov vytvorených na základe predpokladaných povodňových scenárov, ktoré sú založené na štatistických hydrologických údajoch a informáciách o reliéfe a pokrytí záplavového územia. Taktiež nepredstavujú rozsah historických povodní, ale oblasti s pravdepodobnosťou výskytu povodní danej veľkosti (t. j. raz za 10 rokov, raz za 100 rokov, raz za 500 rokov). Z analýzy rizikových oblastí s rôznou pravdepodobnosťou výskytu povodní - vysokou, strednou a nízkou - v porovnaní s miestami, kde sa vyskytli historické povodne, vyplýva, že rozlohy týchto oblastí sú odlišné.

Keďže vstupné údaje pre modelovanie povodní sa môžu v priebehu času meniť (napr. zmeny v pokrývke pôdy, nová výstavba ciest, výstavba alebo rekonštrukcia vodohospodárskych zariadení, dostupnosť presnejších topografických alebo zrážkových údajov), je potrebné prehodnotiť existujúce mapy a prípadne ich aktualizovať. Pri používaní týchto materiálov je teda potrebné dbať na to, aby ste použili najnovšiu štúdiu.

Najväčšou výhodou tejto metódy je široká dostupnosť jej výsledkov. MPO a MPR boli zverejnené na internete, vďaka čomu sú dostupné každému občanovi. Možno si ich prezerať priamo v priestorových informačných systémoch (geoportály) a jednotlivé listy si možno stiahnuť v mierke 1 : 10 000, napr. vo formáte pdf alebo geotiff. K dispozícii sú aj vektorové vrstvy vo formáte shapefile, ktoré možno použiť na rôzne priestorové analýzy pomocou nástrojov GIS. Na šírenie informácií o povodňových rizikách v krajinách Európskej únie kladie veľký dôraz smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík (smernica o povodniach). Používanie týchto máp je bezplatné, čo je nepochybne výhodou.

Za osobitnú pozornosť stojí aj skutočnosť, že verejnosti sú k dispozícii simulácie rozsahu povodní v prípade zničenia hrádzí alebo priehradných zariadení, čím sa zvyšuje informovanosť obyvateľov žijúcich v potenciálne povodňami ohrozených oblastiach o možných následkoch zničenia/poškodenia uvedených vodohospodárskych zariadení.

c) Hodnotenie užitočnosti aplikácie metódy

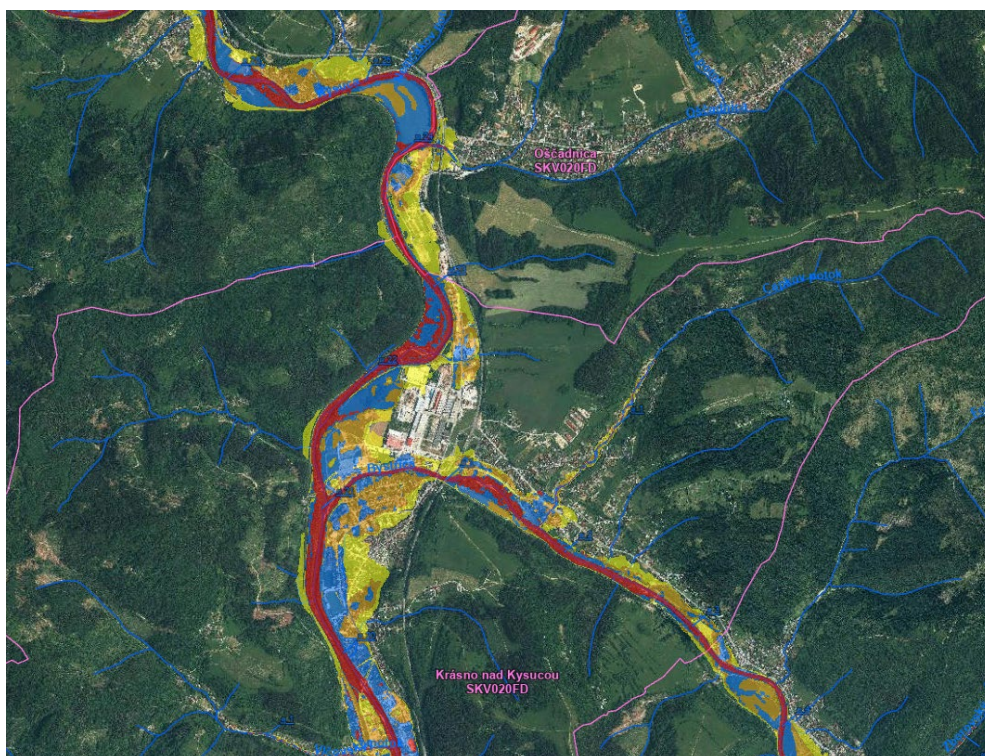
Metóda je napriek svojim nedokonalostiam mimoriadne cenným zdrojom poznatkov o riziku a nebezpečenstve povodní v danom povodí, a preto je dôležitým nástrojom pri rozhodovaní o jeho riadení.

Poskytnutie informácií o oblastiach ohrozených povodňami a o miere tohto rizika, ako aj určenie rizika spojeného s výskytom povodní v danej lokalite určite prispeje k informovanému a racionálnemu rozhodovaniu obyvateľov aj miestnych orgánov o umiestnení investícií. Každý občan má možnosť zistiť, či žije v oblasti ohrozenej povodňami a do akej miery je týmto rizikom postihnutý.

Mapy povodňového ohrozenia a mapy povodňového rizika by mali slúžiť ako podkladový materiál pri príprave plánov územného rozvoja obcí a okresov.

d) Uplatnenie metódy na okresy/povodne ohrozené povodňami v oblasti podpory

Výsledky mapovania oblastí náchylných na povodne a s nimi spojené negatívne účinky na ľudí a ich majetok sú k dispozícii na geoportáloch jednotlivých obcí a okresov na Slovenskej časti projektového územia. Príklady máp vytvorených z uvedených internetových portálov sú uvedené nižšie (obr. 2,3).

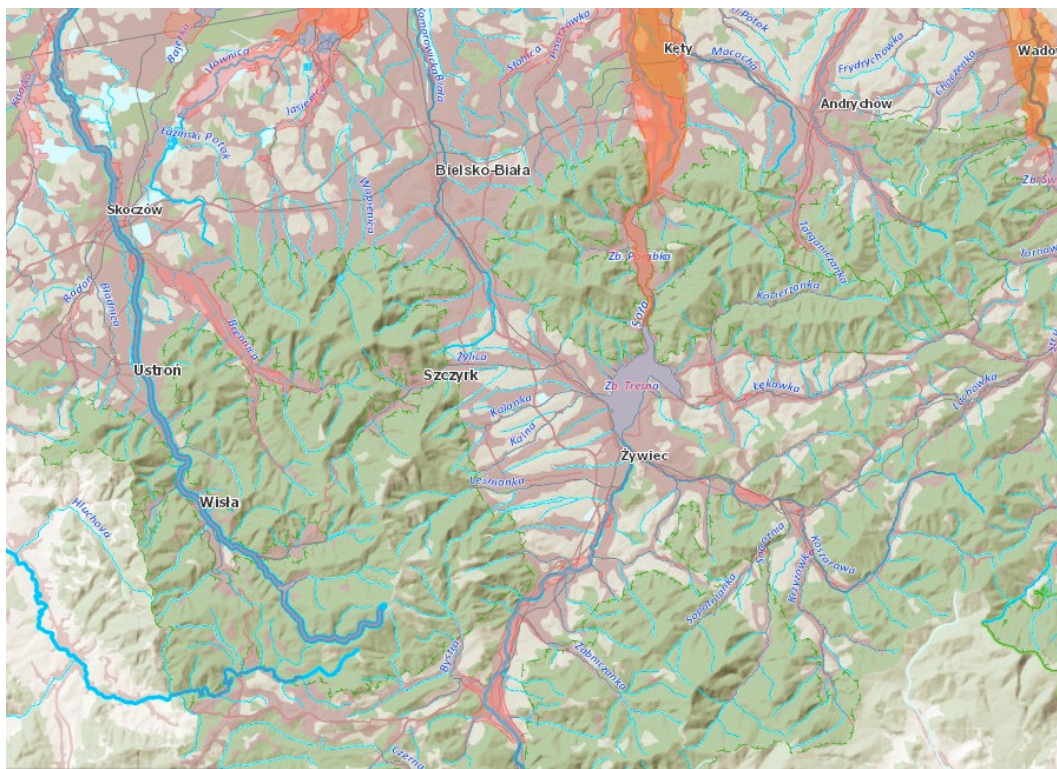


Obrázok 2. Mapa vygenerovaná z priestorového informačného systému pre oblasť Krásna nad Kysucou a Oščadnice so zobrazením povodňového ohrozenia. (<https://mpt.svp.sk>).

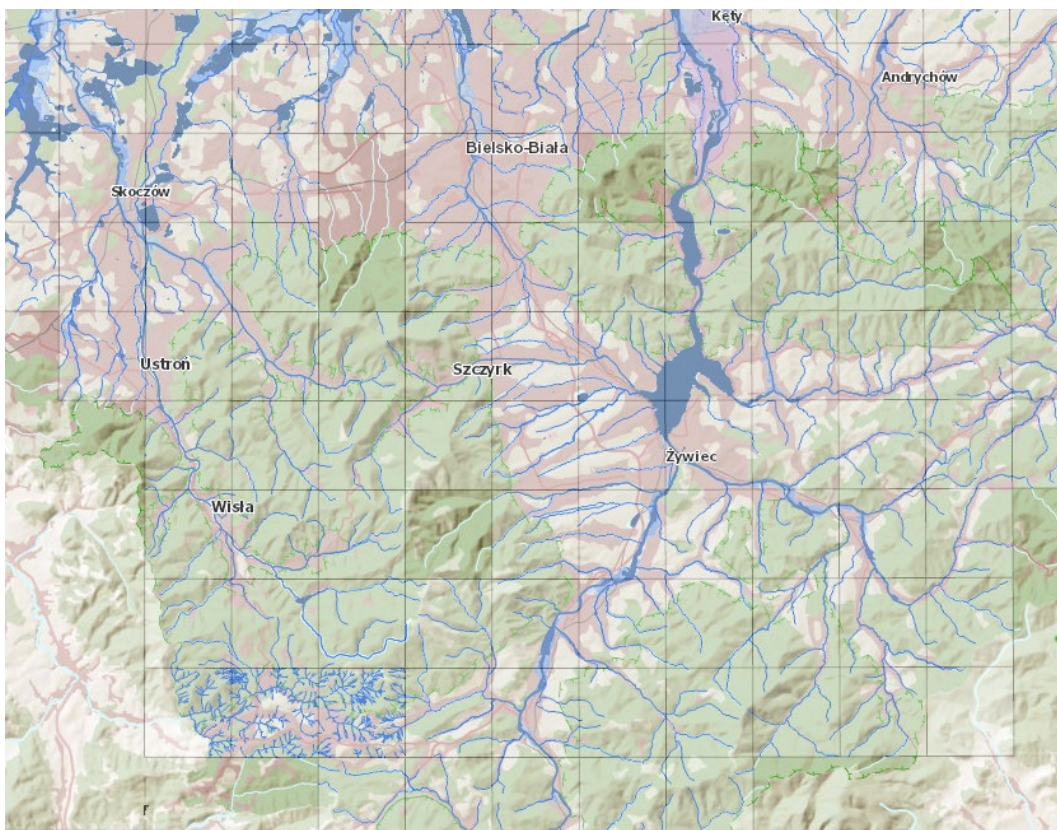


Obrázok 3. Mapa vygenerovaná z priestorového informačného systému pre oblasť Krásna nad Kysucou a Oščadnice so zobrazením povodňového rizika. (<https://mpt.svp.sk>).

Výsledky mapovania oblastí s osobitným povodňovým rizikom sú k dispozícii aj miestnym orgánom na poľskej strane projektového územia. Príklady mapových výrezov sú znázornené na obrázkoch 4 a 5.



Obrázok 4. Príklad zobrazenia mapy povodňového rizika v Poľsku



Obrázok 5. Príklad zobrazenia mapy povodňového ohrozenia v Poľsku

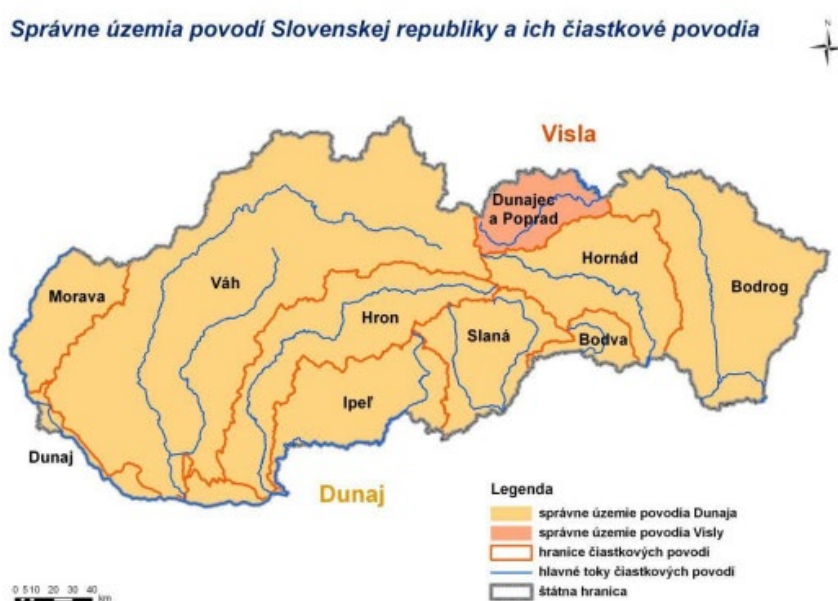
2. TECHNICKÉ METÓDY NA ZNÍŽENIE NEGATÍVNYCH ÚČINKOV POVODNÍ - PASÍVNA OCHRANA

a) Technický opis metód prevencie pred povodňami s teoretickými predpokladmi

Tieto metódy zahŕňajú najmä:

- úpravu koryta rieky pomocou hydrotechnických stavieb (napr. pozdĺžnych a priečnych hrádzí, prahov, jazov, vodných stupňov) a spevnenie brehov,
- výstavba protipovodňových hrádzí.

Regulačné práce na európskych riekach sa začali už koncom stredoveku, ale v širšom meradle sa začali vykonávať až v 19. storočí. Výsledkom týchto aktivít na Slovenskej časti Karpát bola premena širokých viacprúdových kanálov, typických pre horské rieky, na jednoprúdové. Regulačné práce spočívali v modelovaní úzkeho koryta s jedným tokom a odstraňovaní bočných kanálov pomocou pozdĺžnych stavieb. V dôsledku týchto opatrení sa koryto rieky stalo menej kľukatým, kratším a užším, čo viedlo k zvýšeniu jeho sklonu a zrýchleniu odtoku vody. Veľmi intenzívne regulačné práce sa uskutočnili v druhej polovici 20. storočia a najširší rozsah sa realizoval v západnej a centrálnej časti Karpát. Väčšina regulačných prác sa realizovala na úsekoch riek v ich dolných tokoch, čo vyplývalo z potreby ochrany pobrežných oblastí, ktoré boli intenzívne osídlené a zastavané. V súčasnosti je už väčšina tokov v rôznej miere zregulovaná a patrí pod správu územia Slovenskej republiky (obr. 6).



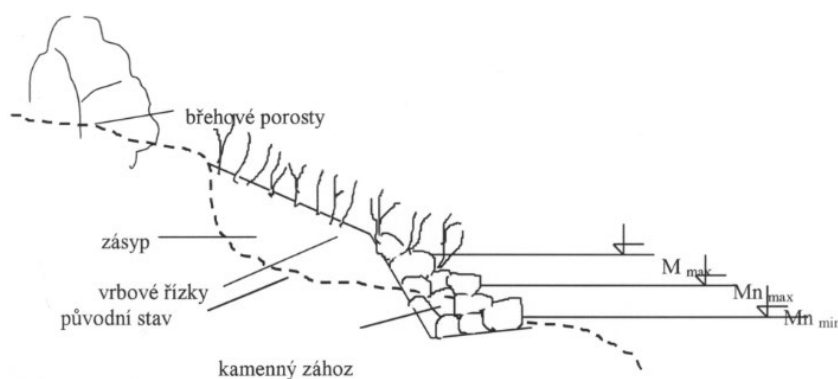
Obrázok 6. Správne územia povodí na národnej úrovni

Vo vodnom zákone sa uvádza, že "regulácia koryt prirodzených vodných tokov, ďalej len "regulácia vody", slúži na zlepšenie podmienok využívania vody a ochrany pred povodňami alebo suchom. Regulácia vodných tokov spočíva v opatreniach týkajúcich sa úpravy pozdĺžneho a priečneho prierezu a vodorovného usporiadania koryta prirodzeného vodného toku. Regulácia vody by mala zabezpečiť dynamickú rovnováhu prirodzeného vodného toku". V korytách, ktoré sú predmetom regulačných prác, je mimoriadne dôležité zachovať ich vertikálnu a horizontálnu rovnováhu. Strata tejto rovnováhy môže mať za následok zvýšenie povodňového rizika.

Pobrežné opevnenia majú niekoľko dôležitých funkcií, z ktorých najdôležitejšie sú ochrana infraštruktúry (ochrana ciest, mostov a budov nachádzajúcich sa v blízkosti riek) a prevencia erózie (obmedzenie ničenia brehov spôsobeného prúdením a vlnobitím). Pobrežné opevnenia ďalej stabilizujú korytá riek (zabraňujú zmenám ich toku a zabezpečujú predvídateľný tok), zlepšujú splavnosť (chránia vodné cesty pred zanášaním a zosuvmi pôdy) a chránia hrádze (posilňujú brehy okolo hrádzi a chráni ich pred povodňami). Opevnenia brehov možno rozdeliť na technické (inžinierske) a prírodné (biotechnické).

i) Vybrané typy technických opevnení

Kamenné protierózne záhozy brehov - vrstva kameňov položená na brehu/dne toku (obrázok 8), ktorá rozptyľuje energiu vody a zabraňuje erózii. V závislosti od odhadovanej rýchlosti prúdu sa použijú kamene vhodnej veľkosti a položia sa na geotextíliu. Kamene by sa mali ukladať na seba a zakliesňovať medzi sebou. Zaklínenie malými drvinami, ktoré by mohla voda nadvihnúť, nie je povolené. Najčastejšie sa používajú lámané kamenné bloky. Materiál musí byť odolný voči vode a mrazu, musí mať vysokú špecifickú hmotnosť, nesmie sa vylúhovať vodou, zmäkčovať a rozpadáť. Tieto požiadavky spĺňa napríklad žula, porfýr, syenit a kremičitý pieskovec.



Obrázok 7. Priečný rez kamenným záhozom, ktorý pokrýva breh aj dno vodného toku

Brehové opevnenie vo forme štetovnic - zvislé prvky (drevené, oceľové, betónové alebo plastové) zatĺkané, vŕtané alebo zatláčané do dna rieky na ochranu brehu/dna nábrežia (obrázok 8). Najčastejšie sa používajú takzvané Larsenove steny, ktoré sa používajú v stavebníctve na ochranu výkopov pred poškodením alebo poddolovaním. Larsenova stena je konštrukcia pozostávajúca z oceľových prvkov s presne navrhnutým tvarom, ktoré sa zvyčajne osadzujú do zeme pomocou vibračných kladív. Na konštrukciu tohto typu steny sa najčastejšie používajú profily v tvare písmena U alebo Z, ktoré sú spojené špeciálnymi oceľovými zámkami na zabezpečenie vzduchotesnosti.



Obrázok 8. Vinylová štetovnicová stena chrániaca breh vodného toku

(<https://www.pietrucha.pl/pl/oferta/inzyniera-ladowa-i-wodna/grodzice-winylowe>)

Opevnenie vo forme oporného múru - betónový, kamenný, murovaný alebo gabiónový múr, ktorý chráni breh pred vyplavovaním a zosuvmi. V súčasnosti sa na oporné múry najčastejšie používajú gabióny, čo sú veľké kliečky alebo koše v tvare kocky s objemom 0,25 až 4 m³, vyrobené z oceľových tyčí a sietí a naplnené kamenným balastom alebo štrkom. Gabiónové koše, umiestnené správnym spôsobom, predstavujú účinnú, masívnu a odolnú protipovodňovú bariéru, ktorá reguluje a riadi tok rieky. Gabióny majú mnoho výhod. Ich flexibilita umožňuje jednoduché prispôbenie sa terénu. Ich inštalácia je rýchla a jednoduchá, a to aj v náročných podmienkach, napríklad pri prácach pod vodou. Technológia umožňuje tieto činnosti mechanizovať, vďaka čomu sú nákladovo efektívnejšie v porovnaní s tradičnými opornými múrmi postavenými z kameňa alebo železobetónu. Gabióny sa používajú aj pri dočasnej protipovodňovej ochrane a môžu sa použiť na zvýšenie hrádzi a ochranu ciest a osád. Oporné múry sú inžinierske stavby používané na stabilizáciu brehov riek

najčastejšie v zastavaných oblastiach, kde je priestor pre prirodzenejšie spôsoby opevnenia obmedzený (obrázok 9).



Obrázok 9. Opevnie brehu rieky gabionovým múrom

(<https://www.asb.sk/stavebnictvo/vyuzitie-drotokamennych-konstrukcii-pri-upravach-vodnych-tokov>)

Opevnenie koryta rieky pomocou geomreží a geotextílií - ide o syntetické materiály, ktoré stabilizujú pôdu a zabraňujú jej vyplavovaniu. Geomreže (obr. 11) sú trojrozmerné štruktúry vyrobené z polymérov (napr. z polyetylénu HDPE). Po rozložení na chránenom povrchu vytvárajú priestorovú sieť buniek, ktoré možno vyplniť zeminou, kamenivom alebo betónom. Bunky vyplnené pôdou možno navyše osadiť vegetáciou. Na druhej strane geotextílie sú tenké syntetické tkaniny vyrobené z polypropylénu (PP) alebo polyesteru (PET). Pôsobia ako filtračná, separačná a spevňujúca vrstva pre pôdu. Najčastejšie sa používajú ako podložie pod geomreže, kamenné navážky alebo výsadbu.



Obrázok 10. Opevnie brehu rieky geobunkami (<https://prosytetik.sk/geobunky/>)

Brehové ostrovy (priečne hrádze) - sú hydrotechnické stavby vybudované kolmo alebo šikmo k brehu rieky na reguláciu toku vody (obrázok 11), ochranu brehov pred eróziou a zlepšenie plavebných podmienok. Jedným z požadovaných účinkov použitia tohto typu stavby je zúženie koryta vodného toku, čo vedie k sústredeniu toku do užšieho prierezu. Takéto opatrenie má za následok zvýšenie rýchlosti prúdenia, čo následne zvyšuje zdvihnutie nečistôt. Tam, kde sa rýchlosť prúdenia zníži, sa tieto nečistoty usadzujú; príkladom sú oblasti medzi ramenami alebo vodnými plochami oddelenými pozdĺžnou hrádzou, ktoré majú otvor umožňujúci ich zaplavenie. Zlepšenie hydraulických podmienok v dôsledku výstavby hrádzí vedie k zvýšeniu rýchlosti prúdenia a k zvýšeniu sily vzdúvania sutín, čo často vedie k erózii dna. Tento jav by sa mal zohľadniť vo fáze projektovania a výstavby. Primeraná ochrana stability konštrukcií na strane po prúde je rozhodujúca, najmä v prípade pozdĺžnych priehrad. Je to dôležité aj v prípade priečných priehrad, najmä v súvislosti s ich hlavami. Je dôležité mať na pamäti, že koruna priehrad zvyčajne dosahuje len úroveň strednej ročnej vody alebo nižšia ako ona, čo môže počas povodní spôsobiť záplavy. Existujú drevené ostrohy (lacné a jednoduché na stavbu, ale nie trvanlivé), kamenné ostrohy (trvanlivé a ekologické, ale náročné na prácu), betónové ostrohy (trvanlivé, ale môžu mať negatívny vplyv na ekosystém) a faširkové ostrohy (zo zväzkov konárov a kameňov, používané pri prírodných spôsoboch ochrany brehov).



Obrázok 11. Brehové ostrovčeky

(<https://www.zegluga-rzeczna.pl/articles/542/stopnie-wodne-czy- zabudowa-regulacyjna>)

ii) Vybrané typy prírodných (biotechnických) opevnení

Prírodné opevnenia sú založené na napodobňovaní procesov stabilizácie brehov, ktoré prebiehajú v životnom prostredí, a sú šetrnejšie k životnému prostrediu. Vybrané typy prírodných opevnení:

Výsadba vegetácie, ktorá má silný a rozsiahly koreňový systém a rýchlo rastie - korene rastlín spevňujú pôdu a znižujú eróziu. Spevnenie brehov riek vegetáciou je účinnou metódou ochrany pred eróziou, zosuvmi pôdy na pobreží. Môže sa realizovať výsadbou drevín a krovín, napríklad: vrbí (*Salix* spp.), jelše (*Alnus* spp.), drieň biely (*Cornus alba*), rakytník rešetliakový (*Hippophae rhamnoides*). Používajú sa aj trávky a byliny, ako je kostrava červená (*Festuca rubra*) a trstina obyčajná (*Phalaris arundinacea*). Vlhkú pôdu dobre stabilizujú močiarné rastliny, napr. ostrice (*Carex* spp.) a kalina (*Acorus calamus*). Používa sa aj fašírka zo živých vrbových alebo drienových výhonkov, ktoré sa kladú vo zväzkoch pozdĺž brehu rieky na konštrukciu z drevených kolov.

Zapletaním zväzkov tenkých konárov (zvyčajne vrbí, jelše alebo liesky), ktoré sú zviazané do dlhých zväzkov. Zväzky vytvárajú prírodný, pružný a priepustný materiál, ktorý výborne stabilizuje pôdu, zadržiava sedimenty a podporuje rast vegetácie. Spevňovanie riečnych brehov

zvážkami je tradičnou a ekologickou metódou ochrany pred vodnou eróziou (obrázok 12). Najbežnejšie použitie zvážkov je ich výstavba do pásov - kladenie zvážkov pozdĺž riečneho brehu, pričom ako kostra sa používajú drevené koly zatlčené do koryta. Tým sa vytvorí pružná bariéra, ktorá chráni breh pred vyplavením. Ďalším spôsobom posilnenia stability brehov je kladenie tzv. matracov - ploché rohože z prútia, ktoré po zasypaní zeminou podporujú rast vegetácie.

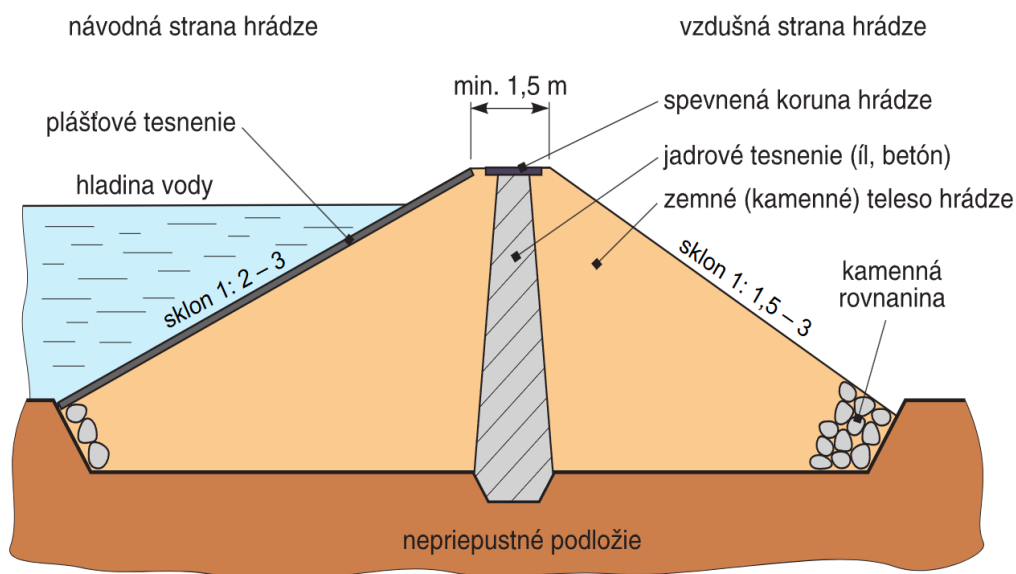


Obrázok 12. Brehové opevnenie zapletanými zvážkami

(https://www.favore.pl/420653_kiszka-faszynowa-umacnianie-brzegow-stawow-rzek-oczek-wodnych-sanok-warszawa-radom-podkarpackie.html)

Hrádze sú ďalším prvkom infraštruktúry zameraným predovšetkým na ochranu pred vyliatím povodňovej vody.

Hrádza ako hydrotechnická stavba (obrázok 15) plní funkciu priehrady, ktorá sa podobá zemnej hrádzi. Hlavný rozdiel medzi týmito dvoma typmi konštrukcií spočíva v tom, že hrádza funguje ako priehradná konštrukcia len počas obdobia vysokej vody. Okrem toho je voda na hrádzi v pohybe a tečie rovnobežne s rovinou svahu. Trvanie záplav sa môže líšiť od krátkych až po dlhšie obdobia. Tie sa často vyskytujú na väčších riekach, najmä počas jarného topenia po dlhej a zasneženej zime. Ak je trvanie vysokých vodných stavov dostatočne dlhé, môže sa v telese hrádze vytvoriť filtračný režim, podobný režimu zemnej hrádze s trvalým prehradením. Pohyb prehradenej vody na hrádzi je dôležitý pre samotnú konštrukciu hrádze, ktorá musí byť navrhnutá tak, aby odolala dynamickým účinkom vody, najmä počas odtoku ľadovej kryhy.



Obrázok 13. Schematický rez hrádzou (<https://beliana.sav.sk/media/13580>)

Hrádza by mala plniť svoju ochrannú úlohu po celej svojej dĺžke. Aj malé poškodenie jej konštrukcie môže viesť k strate jej ochrannej funkcie. Ak je hrádza poškodená, často dochádza k zaplavovaniu rozsiahlych oblastí, ktoré boli ňou chránené. Okrem toho vznik prietrže alebo prerazenia hrádze môže prispieť k jej ďalšej rýchlej deštrukcii. Za normálnych podmienok trvajú vysoké prietoky vody zvyčajne niekoľko dní, takže riziko presakovania vody na druhú stranu násypu je relatívne nízke. Pri povodniach však môže vysoká hladina vody pretrvávajúť oveľa dlhšie, čo predstavuje vážne ohrozenie stability násypu.

Príčiny záplav v oblastiach chránených hrádzami môžu súvisieť s výskytom jedného alebo viacerých javov súčasne:

- voda pretekajúca korunou hrádze, spôsobená chybami v návrhu alebo znížením koruny hrádze,
- povrchovou eróziou svahov hrádze a deformáciou jej štruktúry vrátane pozdĺžnych a priečnych trhlín,
- strata nepriepustnosti násypu a jeho podložia, ktorá vedie k presakovaniu počas prívalových vĺn, často v dôsledku zlého spracovania vrátane nedostatočného zhutnenia pôdy alebo uvoľnenia pod vplyvom koreňov stromov rastúcich v blízkosti,
- filtračné javy, ako je sufózia alebo hydraulické prerazenie,
- nelegálne vyhrabávanie nôr zvieratami v telesách násypov,
- všeobecný zlý stav hrádze, ktorý počas povodní spôsobuje rastúci počet priesakov a môže viesť k deštrukcii hrádze prerazením alebo stratou stability,

- nedostatok vhodnej protieróznej ochrany okrem trávnik.
- vytváranie kanálov naprieč hrádzou,
- ľudská nevedomosť a ignorancia, ktorá sa prejavuje vytváraním "divokých" prechodov a priechodov cez hrádze.

Každý z týchto javov môže výrazne ovplyvniť účinnosť protipovodňovej ochrany, čo zdôrazňuje význam správneho riadenia a údržby hrádzí.

b) Opis výhod a nevýhod metódy

Najväčšou výhodou použitia regulácie rieky je, že znižuje rozlievanie vody do obývaných a komerčne využívaných oblastí vrátane kultúrne cenných oblastí a že rýchlo odvádza povodňové vody z chránených oblastí. Zmena prúdu vedie k rýchlejšej erózii po prúde, čo následne vedie k zúženiu koryta rieky, a to negatívne ovplyvňuje zadržiavanie vody, ktoré je kľúčové pri prevencii sucha aj povodní. V prvom rade sa zadržiavanie vody drasticky znižuje odrezaním koryta rieky od časti záplavového územia násypmi. Regulačné stavby vytvárajú vysoké náklady, a to náklady na samotnú výstavbu a náklady na ich udržiavanie v navrhnutom stave. Kontrola stavu a údržba regulačných stavieb sa musí vykonávať priebežne, pretože na ich fungovanie vplýva okrem faktorov súvisiacich s vodnou činnosťou aj mnoho ďalších faktorov. Hrádze, najmä ich prevýšenie, vytvárajú v zóne ohrozenia klamlivý dojem bezpečnosti, čo v prípade ich pretrhnutia môže viesť k vysokým materiálnym stratám a dokonca k obetiam na životoch medzi obyvateľstvom.

Medzi výhody technických opevnení patrí ich odolnosť, vysoká účinnosť v náročných podmienkach a rýchlosť realizácie. Nevýhodami sú najmä vysoké náklady, často negatívny vplyv na vodné ekosystémy a zrýchlenie erózie pod týmito opevneniami. Výhody biotechnických opevnení spočívajú predovšetkým vo využívaní prírodných materiálov, okrem toho ide o štruktúry, ktoré podporujú biodiverzitu a zlepšujú retenciu. Najväčšou nevýhodou takýchto opevnení je, že sú menej odolné voči vysokým prietokom a ich stabilizácia trvá dlhšie.

c) Posúdenie vhodnosti použitia metódy

Bežne používané technické metódy spevňovania brehov sú účinným spôsobom, ako zabrániť erózii brehov, ale majú zvyčajne negatívny vplyv na životné prostredie. Spevňovanie brehov znižuje prirodzenú samočistiacu schopnosť rieky a vedie k narušeniu vodných ekosystémov, čo ohrozuje biotopy rýb a vtákov. Okrem toho zrýchlený tok vody môže zvýšiť riziko povodní v dolnej časti toku a spevnenie jedného úseku rieky môže zhoršiť eróziu na inom mieste, čo vedie

k potrebe ďalších investícií na nápravu týchto škôd, čím sa vytvára začarovaný kruh pokračujúcich zásahov do rieky. Inžinierske stavby vytvárajú vysoké náklady na výstavbu a údržbu - betónové a oceľové konštrukcie sú nákladné a vyžadujú si pravidelnú údržbu. Vzhľadom na uvedené nevýhody by sa mali používať len v obmedzenej miere, a to v silne zastavaných oblastiach. Od tejto metódy by sa malo upustiť všade tam, kde je to možné, a to použitím moderných a ekologickejších riešení. Z dlhodobého hľadiska sa môžu biotechnické metódy ukázať ako nákladovo efektívnejšie a samozrejme ekologickejšie.

d) Príklady použitia metód na boj proti povodňam z okresov/povodí nachádzajúcich sa v oblasti programu

Obce a okresy nachádzajúce sa na Slovenskej časti oblasti podpory sa väčšinou nachádzajú v povodí karpatských prítokov Dunajca, Váhu, Kysuce, Oravy, Turiec, Torysa, Ondava. Tento spôsob zmierňovania následkov povodní je najrozšírenejší a vo väčšej alebo menšej miere sa vyskytuje vo všetkých oblastiach spravovaných miestnymi orgánmi v závislosti od ich polohy a z toho vyplývajúceho vystavenia povodňovým rizikám.

Regulácia rieky Váh zahŕňa úpravu toku rieky s cieľom predchádzať povodňam, zlepšiť plavebné podmienky a získať elektrickú energiu. Medzi hlavné opatrenia patrí výstavba priehrad a vodných elektrární, ako aj úprava brehov a koryta. Tieto zásahy menia prirodzený tok rieky a ovplyvňujú ekosystémy, ale zároveň zvyšujú bezpečnosť a ekonomický potenciál regiónu.



Obrázok 14. Rozvodnená rieka Váh pred reguláciou (<https://www.zijemvrk.sk/spoznavame-rk/regulacia-riek-trvala-styridsat-rokov/>)



Obrázok 15. Rieka Váh po regulácii (<https://www.zijemvrk.sk/spoznavame-rk/regulacia-riek-trvala-styridsat-rokov/>)

3. INFRAŠTRUKTÚRNE (TECHNICKÉ) METÓDY NA ZNÍŽENIE NEGATÍVNYCH ÚČINKOV POVODNÍ – KONTROLA VEĽKOSŤ POVODŇOVÝCH PRIETOKOV (AKTÍVNA OCHRANA)

a) Technický opis metódy prevencie pred povodňami s teoretickými predpokladmi

Aktívna ochrana pred povodňami spočíva v "zachytení" alebo aspoň zmiernení povodňovej vlny dočasným zadržaním prebytočnej vody v účelovo vybudovaných priehradných nádržiach. Priehradné jazerá vznikajú prehradením vody v údolí rieky na priehradách rôznej konštrukcie v závislosti od funkcie, ktorú nádrž plní.

S ohľadom na ich účel možno priehradné nádrže rozdeliť na:

Retenčné nádrže - slúžia na uskladnenie vody na vodohospodárske účely. Majú kľúčovú úlohu vo vodnom hospodárstve, najmä v situáciách nadbytku vody (napríklad pri povodniach) a v čase sucha. Ich hlavným účelom je vyrovňovanie prietoku riečnej vody. Tieto nádrže sú zvyčajne multifunkčné (obrázok 16) - uskladnená voda sa môže využívať na výrobu energie (pohon turbín vodných elektrární), zavlažovanie poľnohospodárskej pôdy, zásobovanie miest a priemyselných podnikov vodou, ako aj na zlepšenie plavby a rekreačné účely.



Obrázok 16. Priehradný múr a vodná nádrž Liptovská Mara

(<https://www.liptovmara.sk/okolie/vodna-nadrz-liptovska-mara/>)

Vyrovňavacie nádrže - sú nádrže vybudované pod priehradou ako pomocné zariadenia k energetickým nádržiam. Ich účelom je vyrovnať prietok rieky pod priehradou. Každá nádrž, bez ohľadu na jej charakter a účel, sa vyznačuje tým, že prietok v rieke pod ňou je premenlivý, preto sa budujú menšie vyrovňavacie nádrže, aby sa tomuto javu zabránilo. Tento proces sa najčastejšie vyskytuje v prípade energetických zariadení, ktoré pracujú v špičkovom systéme (prečerpávacie elektrárne).

Prietokové nádrže - sú umiestnené na pohyblivých hrádzach, kde sa udržiava konštantná hladina vody. Za dané časové obdobie sa množstvo vody, ktoré z nádrže odtečie, rovná množstvu, ktoré do nej priteká. Veľké prietokové nádrže sa môžu využívať na energetické účely a na jednoduchý odber vody, čo je užitočné najmä pre priemysel, mestá a poľnohospodárstvo. Ich hlavnou nevýhodou je nemožnosť uskladniť vodu na obdobie sucha. Tieto nádrže sa najčastejšie budujú v nížinách, kde nie sú vhodné podmienky na akumuláciu vody. Okrem toho uľahčujú plavbu a môžu vytvárať kaskády na riekach.

Suché nádrže sú údolné nádrže, ktoré sa používajú výlučne na ochranu pred povodňami.

Výpusty v priehradách, ktoré tvoria tieto nádrže, nemajú žiadne uzávery.

- v obdobiach medzi povodňami voda prirodzene preteká cez výpusty (dnové výpusty). K zadržiavaniu vody dochádza vtedy, keď je prietok väčší ako kapacita odtokov. Po prechode povodňovej vlny a znížení prietoku v rieke je nádrž opäť "suchá" a často sa využíva ako pastvina. Na rozdiel od tradičných priehradných nádrží využívajú suché nádrže na zadržiavanie povodňovej vody svoju celkovú kapacitu (obr. 17). Vďaka tomu sú veľmi účinné pri zmierňovaní účinkov veľkých povodňových vln.



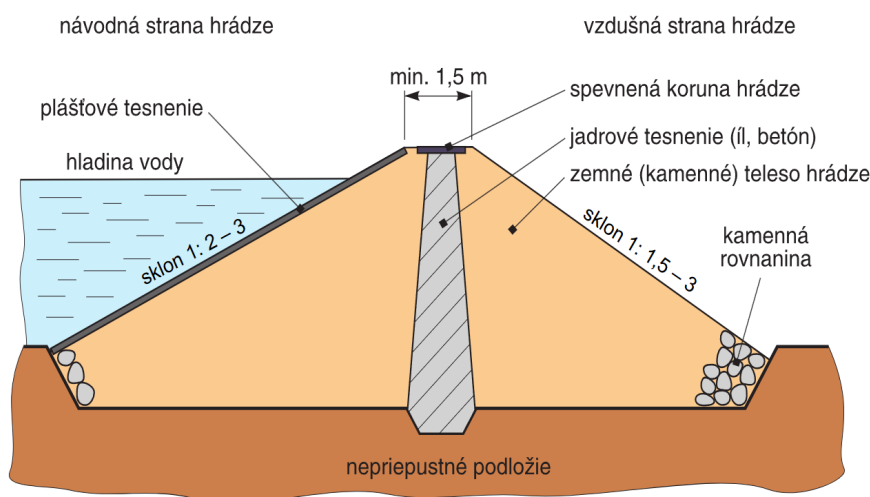
Obrázok 17. Priehradný múr a suchá vodná nádrž Sučany (<https://maps.google.com/>)

Poldre plnia podobnú úlohu ako suché povodňové nádrže. Sú to uzavreté oblasti obklopené hrádzami, ktoré sa nachádzajú v údolí rieky. Ich úlohou je zadržať časť povodňovej vlny a po jej opadnutí vypúšťať uskladnenú vodu späť do rieky vďaka vypúšťacím zariadeniam nainštalovaným v hrádzach (obrázok 18).



Obrázok 17. Suchý polder pri Kežmarku (<https://www.presovak.sk/clanky/1395/foto-situaciu-na-uzemi-kezmaku-sa-pocas-vikendu-podarilo-zvladnut-aj-vdaka-protipovodnovemu-poldru>)

Zemné hrádze - zhotovené zo zeminy, ako je hlina, piesok alebo štrk. Často sú utesnené hlineným alebo betónovým jadrom, vďaka čomu sú pružné a dobre prispôsobiteľné rôznym geologickým podmienkam. Zemná hrádza má približne lichobežníkový prierez. Jej teleso tvorí zemný alebo kamenný násyp, ktorý sa dvíha nad terén. V rámci telesa môžeme rozlišovať rôzne prvky vrátane statických častí (statické násypy), tesniacich prvkov, drenáží, prechodových vrstiev a spätných filtrov. Horná rovina tela sa nazýva koruna hrádze, zatiaľ čo spodná rovina je základňa hrádze. Bočné plochy majú charakter svahov. Ich sklon sa určuje v závislosti od výšky hrádze a od priemetov svahov na roviny, na ktorých sú osadené. Sklon svahov môže byť konštantný alebo premenlivý po celej ich dĺžke. V prípade vysokých priehrad sú svahy, najmä výpustné, často prerušené lavicami, ktoré slúžia ako pracovné priechody a zachytávajú (spomaľujú) dažďovú vodu stekajúcu po ich povrchu.



Obrázok 18. Schematický rez hrádzou (<https://beliana.sav.sk/media/13580>)

Betónové (ťažké) priehrady rôznych konštrukcií - vyznačujú sa vysokou trvanlivosťou a odolnosťou voči obrovským tlakom vody. Betónové priehrady sa zvyčajne stavajú ako gravitačné - ich vlastná hmotnosť pôsobí proti tlaku vody (obrázok 19). Typickým príkladom sú betónové priehrady s rovnými tvarmi. Oblúkové priehrady majú oblúkový tvar, ktorý im umožňuje prenášať sily vodného tlaku na brehy údolia, a tak si vyžadujú menej materiálu ako gravitačné priehrady. Príkladom je známa Hooverova priehrada v Spojených štátoch.



Obrázok 19. Pohľad na betónovú hrádzu Vodné dielo Žilina

(<https://zilina.sp21.sk/a/ca3c4712-174f-4537-a2ca-af21735aad24/100-stavieb-zilinskeho-kraja-vodne-dielo-zilina-fotogaleria>)

b) Opis výhod a nevýhod metódy

Najväčšie výhody aktívnych metód protipovodňovej ochrany spočívajú v tom, že dokážu zachytiť povodňové vody, a tým regulovať tok rieky. Takéto úlohy najlepšie plnia suché nádrže, kde je celá objemová rezerva povodňovou rezervou. V prípade multifunkčných nádrží je napriek ich značným objemom povodňovou rezervou len ich časť. Počas väčších prítokových vln sa to môže ukázať ako nedostatočné. Vtedy sa v záujme ochrany priehrady pred poškodením musí zvýšiť objem vypúšťaných vôd do takej miery, že pod priehradou môžeme zažiť aj katastrofálnu povodeň. Prevádzka priehrady znižuje povodňovú vlnu, ale zároveň ju predlžuje, čo môže viesť napríklad k nasýteniu a zriedeniu hrádze. Umelé vodné nádrže zachytávajú všetok vlečený materiál a veľkú časť suspendovaných látok, čím zvyšujú eróznú silu vody pod hrádzami. Dochádza k strate vertikálnej stability riečnych koryt a zintenzívneniu erózných procesov. Viditeľné zníženie hladiny riečneho koryta vedie okrem iného k obnaženiu mostných pilierov alebo k zaveseniu regulačných stavieb nad riečnym korytom, čo následne vyvoláva náklady na výstavbu protieróznych stavieb. Sedimenty na dne priehradných jazier, ktoré sa hromadia desaťročia, sú obohatené o rôzne druhy znečisťujúcich látok. Zničenie priehradných konštrukcií zadržiavajúcich veľké objemy vody môže viesť ku katastrofe, pretože vytvára veľmi prudkú povodňovú vlnu. Nie je bez významu ani skutočnosť, že tento typ investícií prináša veľmi vysoké finančné, environmentálne a sociálne

náklady. Umiestnenie priehrady je dané šírkou a hĺbkou riečného údolia, čo značne zužuje možnosti jej umiestnenia. Vytvorenie priehradného jazera vedie k radikálnym zmenám ekosystémov, ktoré sa často prejavujú zničením prírodne hodnotných oblastí. Výstavba priehradného jazera je mnohokrát spojená s vysídlením obyvateľov oblastí, ktoré majú byť zaplavené, čo vyvoláva odpor verejnosti proti takýmto riešeniam.

c) Posúdenie vhodnosti metódy

Nádrže regulujú objem riečnych tokov a uskladňujú prebytočnú vodu, a preto sa javia ako optimálny spôsob ochrany pred povodňami. Často však plnia aj iné funkcie (vodná energia, rekreácia), v dôsledku čoho sa ich potenciál na ochranu pred povodňami zvyčajne nevyužíva v plnej miere. Viaceré ďalšie nezanedbateľné nevýhody takýchto stavieb vedú k záveru, že z hľadiska protipovodňovej ochrany by sa malo upustiť od výstavby nových multifunkčných priehradných nádrží. Dočasné zadržiavanie povodňovej vody by sa preto malo v čo najväčšej miere realizovať v suchých protipovodňových nádržiach a poldroch.

d) Príklady použitia metódy na boj proti povodňam z okresov/oblastí, ktoré sa nachádzajú v podporovanej oblasti

V rámci obcí a okresov podporených projektom sa nachádzajú vodné nádrže, ktoré plnia rôzne funkcie (napr. zásobáreň pitnej vody, turistický a rekreačný ruch, protipovodňová ochrana, energia). Počas povodňového rizika však majú všetky tieto nádrže za úlohu chrániť nižšie položené oblasti pred vysokou vodou. Na tento účel by mali udržiavať primeranú povodňovú rezervu, ktorá sa odhaduje na základe hydrologických predpovedí.

Najväčšími priehradnými nádržami v oblasti sú Oravská priehrada na rieke Orava s malou vyrovnávacou nádržou Tvrdošín (Žilinský kraj) a Liptovská Mara na Váhu s malou vyrovnávacou nádržou Bešeňová (Žilinský kraj).

Vodohospodárska sústava Liptovská Mara - Bešeňová, ktorá je v nepretržitej prevádzke už takmer 50 rokov, úspešne plní všetky stanovené ciele (Bednárová E. a kol., 2021). Nachádza sa v severnej časti stredného Slovenska, v hornom úseku rieky Váh, bol vybudovaný v rokoch 1967 až 1975 a je jednou z kľúčových hydrotechnických stavieb v krajine. Medzi jeho hlavné úlohy patrí výroba špičkovej elektrickej energie, protipovodňová ochrana a nadlepšovanie prietoku Váhu. Obe hydrotechnické stavby maximalizujú energetický potenciál riek, účinne znižujú povodňové prietoky a minimalizujú riziko škôd spôsobených povodňami. Vplyv prevádzky na odtokové pomery pod priehradou možno znázorniť krivkou pravdepodobnosti prítoku do nádrží (Qp) a odtoku do koryta rieky pod priehradou (Qo) (Lukáč a kol., 1991).

4. MONITOROVANIE POVODNÍ (METEOROLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ)

a) Technický opis metódy prevencie povodní s teoretickými predpokladmi

Monitorovanie povodní je systém varovania pred povodňami využívajúci meteorologické a hydrologické monitorovanie. Spočíva v systematickom a nepretržitom získavaní a analýze informácií o zrážkach a hladinách vody v riekach s cieľom predpovedať výskyt extrémnych hydrologických javov. Umožňuje presné rozhodovanie v núdzových situáciách vrátane záchrany zdravia a životov ľudí a ochrany ich majetku. Pomáha varovať pred povodňovými rizikami, čo má vplyv na obmedzenie následkov veľkých privalových dažďov.

Mimoriadne nebezpečné sú privalové povodne spôsobené intenzívnymi dažďami. Na ich zisťovanie sa podieľajú predovšetkým satelity, radary a zrážkomery.

Meteorologické radary sú moderné zariadenia, ktoré sa používajú na výskum atmosféry na zisťovanie, pozorovanie a analýzu zrážok a iných poveternostných javov. Fungujú na princípe vysielania rádiových vĺn a analýzy ich odrazu od častíc, ako sú kvapky vody alebo kryštáliky ľadu prítomné v atmosfére.

Radarová anténa vysielá prúd rádiových vĺn smerom do atmosféry, ktoré sa šíria vzduchom vysokou rýchlosťou. Keď sa stretnú s objektmi, ako sú kvapky dažďa, sneh, krúpy alebo dokonca prach, časť týchto vĺn sa odrazí späť k radaru. Sila odrazu závisí od veľkosti, typu a hustoty častíc. Radar analyzuje čas, za ktorý sa vlny vrátia k zdroju, čo mu umožňuje určiť vzdialenosť od zdroja zrážok. Okrem toho zmeny frekvencie odrazeného signálu (Dopplerov efekt) umožňujú odhadnúť rýchlosť a smer pohybu častíc. Údaje zozbierané radarom sa transformujú do vizualizácií, ktoré na farebných mapách zobrazujú intenzitu a polohu zrážok. Pomocou týchto snímok môžu výskumníci spozorovať blížiac sa búrky, fronty počasia alebo zrážky, čo im umožňuje varovať ľudí pred nebezpečnými poveternostnými podmienkami v dostatočnom predstihu.

Zrážkomery sú najpresnejším zariadením na meranie množstva zrážok v milimetroch. V súčasnosti sú to často automatické zrážkomery vybavené snímačmi, ktoré zisťujú prítomnosť a množstvo zrážok. Často sú tieto zrážkomery integrované so záznamníkmi údajov alebo telemetrickými systémami, čo umožňuje efektívne monitorovanie a prenos zozbieraných informácií.

Meteorologické satelity zohrávajú kľúčovú úlohu v systéme pozorovania a merania pre meteorológiu a hydrológiu od svojho vzniku. S rozvojom technológie satelitných senzorov sa

neustále zdokonaľujú metódy prijímania, spracovania, distribúcie a interpretácie údajov zo satelitov. Meteorologické satelity sa delia na dve hlavné kategórie: satelity obieľajúce okolo pólou a geostacionárne satelity. Obe majú svoje vlastné jedinečné vlastnosti a generujú rôzne typy údajou. Satelity na polárnych dráhach, ktoré sa pohybujú po severojužných dráhach, pozorujú ten istý bod na Zemi dvakrát denne - raz cez deň a raz v noci. Vysielajú snímky a atmosférické sondy o teplote a vlhkosti na celej Zemi. Geostacionárne satelity sú na obežnej dráhe vo výške približne 36 000 km nad rovníkom, otáčajú sa rovnakou rýchlosťou ako Zem a neustále sa zameriavajú na tú istú oblasť. Vďaka tomu môže satelit každých 30 minút urobiť snímku Zeme na tom istom mieste. Obrovskú databázu satelitných údajou, ktoré sa používajú pri meteorologickom modelovaní, má americká agentúra NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), ktorá poskytuje prístup ku globálnym environmentálnym údajom zo satelitou. V Európe bola v roku 1986 založená Európska organizácia pre využívanie meteorologických satelitou (EUMETSAT), ktorá zabezpečuje kontinuitu systému satelitného pozorovania pre meteorológiu a klimatológiu európskych krajín.

Prietok vody (prietok) je množstvo vody, ktoré pretečie prierezom koryta za jednotku času (udáva sa v m³/s alebo l/s). Prietoky v otvorených kanáloch sa merajú priamymi metódami (objemovými, fyzikálnymi, chemickými) a nepriamymi metódami (bodový prietok pomocou hydrometrického mlyna, prierezový prietok pomocou plavákov). Najrozšírenejšou a najpopulárnejšou metódou je meranie prietoku pomocou hydrometrického mlyna. V posledných rokoch sa pri týchto meraniach používajú aj moderné metódy vrátane akustických (akustické rýchlomery) a elektromagnetických (elektromagnetické rýchlomery).

b) Opis výhod a nevýhod metódy

Nespornou výhodou vykonávaného monitorovania povodní je zber údajou, ktoré umožňujú vypracovanie aktuálnych a presných hydrologických predpovedí. Má tiež vplyv na schopnosť predpovedať a modelovať budúce povodne. Získavanie čoraz presnejších údajou súvisí s rozvojom moderných metód merania.

Vývoj meracej techniky na získavanie radarových údajou si vyžaduje aj zmeny v doteraz používaných postupoch výpočtu. Moderné radary s duálnou polarizáciou elektromagnetického vlnenia, ktoré boli v posledných rokoch zavedené do siete, poskytujú doteraz nedosiahnuteľné údaje o štruktúre oblakov. Je nevyhnutné vypracovať metodiku spracovania získaných radarových údajou, ktorá umožní získať kvalitatívny aj kvantitatívny opis zón oblačnosti s prítomnými zrážkami.

Problémom pri získavaní presných radarových údajov je rušenie, ktoré falšuje údaje okrem iného z radarových frekvenčných zariadení vrátane vysielateľov pre bezdrôtových dátových vysielateľov (internet). To si vyžaduje vývoj čoraz lepších systémov filtrovania rušenia s cieľom zlepšiť kvalitu získaných údajov. Systém monitorovania povodní zahŕňa množstvo meracích staníc. Potreba prístupu k údajom v reálnom čase si vynucuje zmenu tradičného spôsobu získavania údajov (napr. manuálne merania, odčítanie údajov pozorovateľom) na moderné zariadenia, ktoré umožňujú odčítanie a prenos údajov na diaľku (tzv. telemetrické snímače). Pri hustej meracej sieti, ktorá je veľmi výhodná z hľadiska kvality výsledných meteorologických alebo hydrologických predpovedí, predstavuje ich inštalácia a následná kontrola ich prevádzky značné náklady.

Veľkou výhodou zozbieraných údajov je ich široká dostupnosť vďaka ich zverejneniu prostredníctvom webových stránok.

c) Posúdenie použiteľnosti metódy

Metóda je jedným zo základných nástrojov používaných na boj proti následkom povodní.

Výsledky celoštátneho monitorovania povodní sú k dispozícii a využívajú ich jednotky miestnej samosprávy v celom Poľsku a na Slovensku.

Monitorovanie povodní je veľmi dôležitou metódou na zvýšenie bezpečnosti obyvateľov v oblastiach s mimoriadnym povodňovým rizikom. Jeho cieľom je upozorniť na nebezpečenstvo. Informovaním/upozornením príslušných služieb v mestách/obciach je možné rýchlo zaviesť postupy protiopatrení na zníženie následkov povodní. Dobré krízové riadenie umožňuje záchranným službám efektívnejšie plánovať svoju činnosť a optimálne nasadiť záchranné prostriedky.

d) Príklady, ako možno metódu použiť na boj proti povodňiam z okresov/oblastí nachádzajúcich sa v oblasti podpory

Obce a okresy nachádzajúce sa v poľskej časti projektovej oblasti môžu využívať informácie z monitorovania povodní, ktoré sa nachádzajú na internetovom portáli Ústavu meteorológie a vodného hospodárstva, t. j. Hydro IMGW-PIB (<https://hydro.imgw.pl>) a Meteo IMGW-PIB (<https://meteo.imgw.pl>). Podobne aj štátna hydrometeorologická služba (Slovenský hydrometeorologický ústav- SHMÚ) na Slovensku prezentuje na svojej internetovej stránke okrem iného údaje o zrážkach a hydrologickej situácii v povodiach nachádzajúcich sa okrem iného v oblasti podpory projektu (<https://www.shmu.sk>).

LITERATÚRA

Absalon D., 2018. Nowoczesne metody monitoringu wód powierzchniowych. Monografie Śląskiego Centrum Wody, t.1 Aktualne problemy gospodarki wodnej, 71-82

Absalon D., Kubiciel P., Matysik M., Ruman M., 2015. Nowoczesne metody pomiaru przepływu w rzekach. Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, t.3, 28-43

Bednarczyk S., Jarzębińska T., Mackiewicz S., Wołoszyn E., 2006. Vademecum ochrony przeciwpowodziowej. KZGW, Gdańsk

Bednárová E., Škvarka J., Václavík P., Poórová J., 2021. Water management system Liptovská Mara – Bešeňová in the context of climate change. Acta Hydrologica Slovaca 22, 1: 5 – 21

Dorzecze Wisły: monografia powodzi maj - czerwiec 2010, pod red. M. Maciejewskiego, M. S. Ostojkiego, T. Walczykewicza. IMGW-PIB, Warszawa 2011

Dzwonkowski K., Winnicki I., Pietrek S., 2023. Wyznaczanie natężenia opadu na podstawie danych z radarów z podwójną polaryzacją fali elektromagnetycznej. Biuletyn WAT, Vol. LXXII, Nr 1, 2023, 79-100

Gorczyca E., Krzemień K., 2010. Ewolucja systemów korytowych pod wpływem antropopresji (na przykładzie wybranych rzek karpackich [w:] Przekształcenia struktur regionalnych: aspekty społeczne, ekonomiczne i przyrodnicze, Wrocław: Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, 431-439

Kaca E., Kubrak J. (red.), 2020. Budowle i urządzenia do pomiaru przepływu wody w kanałach melioracyjnych. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 1-262

Korpak J., 2007. The influence of river training on mountain channel changes (Polish Carpathian Mountains). Geomorphology 92, 166–181

Krzemień K., Gorczyca E., Sobucki M., Liro M., Łyp M., 2015. Effects of environmental changes and human impact on the functioning of mountain river channels, Carpathians, southern Poland. Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Land Reclam. 47 (3)

Lukáč, M., Bednárová, E., Štefanek, J., 1991. Reservoirs and water management systems. ES STU, Bratislava: pp 277.

Tento dokument vznikol pre účely projektu „Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien“ z programu „Interreg V-A PL-SK“ číslo PLSK.01.01-IP.01-0007/23,

v rámci: Úlohy 3 „Analýza štandardných a moderných metód prevencie prírodných katastrof v oblasti podpory“.

Všetky práva vyhradené. Úpravy tohto dokumentu sú dovoľené po dohode s autorom.