

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

ŠTANDARDNÉ METÓDY ZMIERŇOVANIA NÁSLEDKOV POVODNÍ V OBLASTI PODPORY

PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA A PRÁVNE PREDPISY

Povodne spôsobujú jedny z najväčších škôd spomedzi krízových situácií vyskytujúcich sa v našej krajine. Za ochranu pred povodňami je zodpovedná štátna správa, ako aj všetky úrovne územnej samosprávy. Protipovodňová ochrana v Poľsku je upravená viacerými právnymi predpismi a stratégiami, ktorých cieľom je minimalizovať následky povodní. Najdôležitejšie právne akty a dokumenty v tejto oblasti sú:

Zákon – Vodné právo (z 20. júla 2017, Zb. z. 2017 poz. 1566) predstavuje základný právny predpis upravujúci hospodárenie s vodami v Poľsku vrátane otázok súvisiacich s ochranou pred povodňami. Tento zákon okrem iného definuje protipovodňovú ochranu ako činnosti zamerané na minimalizáciu následkov povodní, zavádza zásady riadenia povodňového rizika, určuje úlohy a kompetencie orgánov zodpovedných za monitorovanie a prevenciu povodní, stanovuje pravidlá výstavby a údržby protipovodňovej infraštruktúry a zavádza zákazy a obmedzenia v oblastiach s vysokým rizikom povodní.

Zákon – Právo ochrany životného prostredia (z 27. apríla 2001, Zb. z. 2001 č. 62 poz. 627) obsahuje ustanovenia týkajúce sa ochrany životného prostredia, ktoré ovplyvňujú činnosti súvisiace s ochranou pred povodňami, napríklad regulácie týkajúce sa ochrany vôd a území ohrozených zaplavením.

Zákon o obecnej samospráve (z 8. marca 1990; Zb. z. z roku 2024 poz. 1465, 1572) uvádza, že medzi vlastné úlohy obce patrí aj požiar a protipovodňová ochrana vrátane vybavenia a údržby obecného protipovodňového skladu.

Zákon o územnom plánovaní a priestorovom usporiadaní (z 27. marca 2003; Zb. z. z roku 2024 poz. 1130, 1907, 1940) poukazuje na potrebu zohľadňovania oblastí zvlášť ohrozených povodňami v územnom plánovaní s cieľom obmedziť následky tohto javu v zastavaných územiach.

Zákon o krízovom riadení (z 26. apríla 2007; Zb. z. z roku 2022, poz. 2185) upravuje činnosti v oblasti prevencie, prípravy, reakcie a obnovy po živelných pohromách, určuje úlohu Rządového centra bezpečnosti (RCB) pri varovaní pred povodňami a zaväzuje verejnú správu vypracovávať plány krízového riadenia vrátane povodňových scenárov.

Smernica EÚ (2007/60/ES) o hodnotení a manažmente povodňového rizika ukladá členským štátom Európskej únie povinnosť vypracovať plány riadenia povodňového rizika a vykonávať hodnotenie povodňového rizika.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Spolupráca medzi rôznymi inštitúciami, ako sú orgány štátnej správy, samosprávy a mimovládne organizácie, je nevyhnutná pre efektívne riadenie povodňového rizika. Rovnako dôležité sú aj znalosti o spôsoboch obmedzovania negatívnych následkov extrémnych javov, medzi ktoré patria aj povodne. Táto publikácia má za cieľ poskytnúť základné informácie o metódach podporujúcich ochranu ľudí a majetku pred ničivým pôsobením povodňových vôd. Tieto poznatky môžu byť užitočné pre predstaviteľov samospráv aj pre obyvateľov miest, obcí a okresov nachádzajúcich sa v ohrozených oblastiach.

PÁR SLOV O ŠTÚDIÍ

Štúdia sa zaoberá prehľadom metód používaných na znižovanie následkov povodní, ktoré sa uplatňujú v samosprávach nachádzajúcich sa v oblasti podpory na území Poľska aj Slovenska. Na tento účel bola využitá dostupná literatúra, webové stránky obcí, okresov a rôznych inštitúcií vrátane výskumných organizácií. Využité boli aj poznatky pracovníkov samospráv a vedcov vykonávajúcich pozorovania alebo výskum v podporovaných oblastiach projektu.

V súlade s podmienkami zadania štúdia obsahuje: technický opis metód znižovania následkov povodní vrátane teoretických východísk, opis výhod a nevýhod jednotlivých metód, hodnotenie ich vhodnosti a príklady ich využitia z okresov nachádzajúcich sa v oblasti podpory – na poľskej aj slovenskej strane.

Okresy nachádzajúce sa v oblasti podpory projektu v Poľsku sú:

v Sliezskej vojvodstve: pszczyński, cieszyński, bielski, mesto na právach okresu Bielsko-Biała, żywiecki; v Malopoľskom vojvodstve: olkuski, chrzanowski, oświęcimski, wadowicki, suski, myślenicki, tatrzański, nowotarski, limanowski, nowosądecki, mesto na právach okresu Nowy Sącz, gorlicki;

v Podkarpatskej vojvodstve: bieszczadzki, leski, sanocki, brzozowski, krośniński, mesto na právach okresu Krosno, jasielski, rzeszowski, mesto na právach okresu Rzeszów, przeworski, przemyski, mesto na právach okresu Przemyśl, jarosławski, lubaczowski.

Okresy nachádzajúce sa na Slovensku:

v Žilinskej samosprávnej kraj: Čadca, Kysucké Nové Mesto, Bytča, Žilina, Martin, Turčianske Teplice, Ružomberok, Dolný Kubín, Námestovo, Tvrdošín, Liptovský Mikuláš; v Prešovskej samosprávnej kraj: Poprad, Kežmarok, Stará Ľubovňa, Levoča, Sabinov, Bardejov, Svidník, Prešov, Vranov nad Topľou, Stropkov, Medzilaborce, Humenné, Snina; v Košickej samosprávnej kraj: Spišská Nová Ves.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

METÓDY ZMIERŇOVANIA NÁSLEDKOV POVODNÍ VYUŽÍVANÉ V OBLASTI PODPORY PROJEKTU

Podľa definície uvedenej v zákone – Vodné právo (Zb. z. 2017 poz. 1566) sa pod pojmom povodeň rozumie dočasné zaplavenie územia, ktoré za normálnych podmienok nie je pokryté vodou, najmä v dôsledku zvýšenia hladiny vody v prirodzených tokoch, vodných nádržiach, kanáloch alebo od mora, s výnimkou zaplavenia spôsobeného zvýšením hladiny vody v kanalizačných systémoch.

V rámci okresov nachádzajúcich sa v oblasti podpory projektu bolo identifikované využívanie niekoľkých štandardných metód zameraných na zmiernovanie následkov povodní. Nižšie je uvedená ich charakteristika.

I. Mapovanie oblastí ohrozených povodňami

A. Technický opis metódy ochrany pred povodňami vrátane teoretických východísk

Mapovanie území ohrozených povodňami spočíva vo vyznačení oblastí vystavených riziku zaplavenia povodňovými vodami. V súčasnosti sa pri tomto mapovaní využívajú okrem digitálnych ortofotomáp a databáz topografických objektov (BDOT) aj digitálne modely terénu (NMT) a digitálne modely pokrytia územia (NMPT), vytvorené na základe meraní získaných leteckým laserovým skenovaním (LiDAR).

Realizácia projektu ISOK (Informatický systém ochrany krajiny) umožnila okrem iného získať presných údajov LiDAR z takmer celého územia krajiny, ako aj vykonanie matematicko-hydraulického modelovania transformácie povodňových vln a porúch protipovodňových hrádzí pre všetky rieky zahrnuté do projektu. Výsledkom sú okrem iného mapy povodňového rizika (MRP) a mapy povodňového ohrozenia (MZP), ktoré sú nevyhnutné pri plánovaní ochrany pred povodňami.

Tieto mapy sú dostupné v Hydroportáli (<https://wody.isok.gov.pl/hydroportal.html>) – verejnom portáli obsahujúcom informácie o hospodárení s vodami v Poľsku. Mapy povodňového ohrozenia a predbežné hodnotenie povodňového rizika sú zverejnené aj v Národnom geoportáli (<https://mapy.geoportal.gov.pl>), a to aj vo forme služby WMS, ktorá umožňuje prehliadanie máp pomocou GIS (geografických informačných systémov).

Mapy povodňového ohrozenia (MZP) zobrazujú územia s rôznou pravdepodobnosťou výskytu povodne. Ide o:

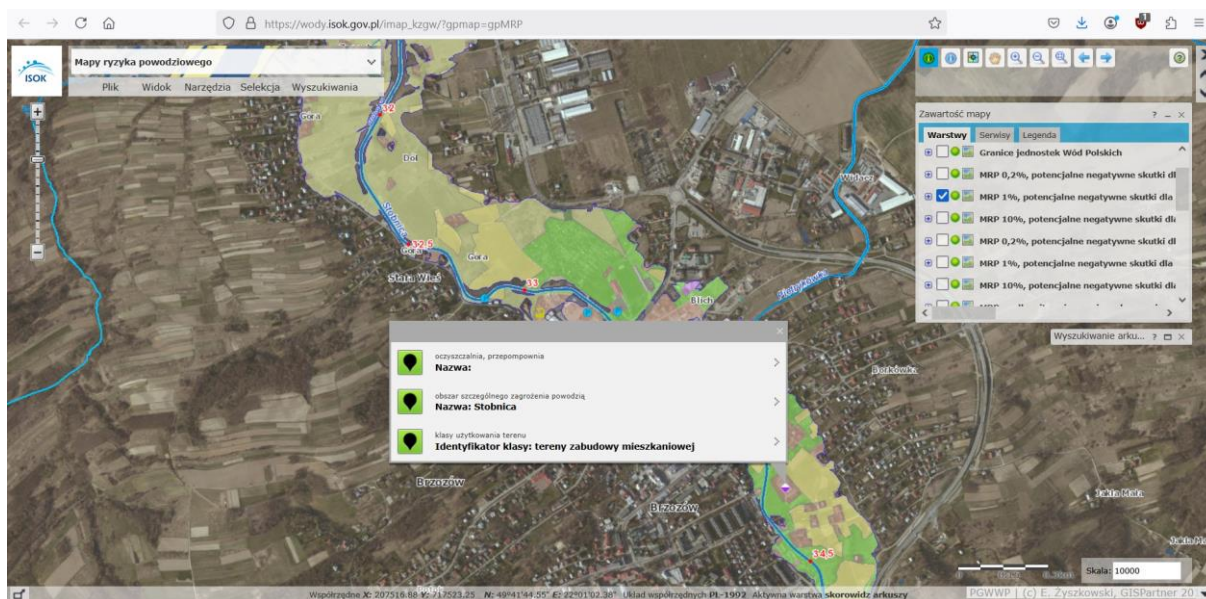
Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

- oblasti s nízkou pravdepodobnosťou výskytu povodne – raz za 500 rokov (0,2 %) alebo oblasti, kde môže dôjsť k extrémnej udalosti;
- oblasti so strednou pravdepodobnosťou – raz za 100 rokov (1 %), tzv. „storočná voda“;
- oblasti s vysokou pravdepodobnosťou – raz za 10 rokov (10 %);
- oblasti ohrozené zaplavením v prípade porušenia alebo poškodenia protipovodňovej hrádze alebo vodnej stavby.

Na mapách povodňového ohrozenia sa zohľadňuje aj hĺbka vody, rýchlosť prúdenia a smery toku vody (najmä pre krajské mestá a mestá nad 100 000 obyvateľov), pričom sa berie do úvahy miera ohrozenia obyvateľstva a vplyv vody na stavebné objekty.

Mapy povodňového rizika (MRP) zobrazujú hodnoty potenciálnych škôd spôsobených povodňou a identifikujú objekty ohrozené zaplavením pri povodniach s určitou pravdepodobnosťou výskytu. Umožňujú tak posúdenie rizika pre zdravie a život ľudí, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť (Obrázok 1).



Obrázok 1. Príklad mapy povodňového rizika (MRP) – výsledok projektu ISOK.

Mapy povodňového ohrozenia (Mapa povodňového ohrozenia – MPO) a mapy povodňového rizika (Mapa povodňového rizika – MRP) sú dostupné aj pre územie Slovenska v geoportáli spravovanom podnikom Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik. Mapy povodňového ohrozenia boli vypracované na základe scenárov maximálnych povodňových prietokov s pravdepodobnosťou výskytu raz za 10 rokov, 100 rokov a 1000 rokov.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

B. Opis výhod a nevýhod metódy

Pri využívaní tejto metódy je potrebné mať na pamäti, že nezobrazuje povodňové ohrozenie v reálnom čase. Mapy sú výsledkom výpočtov hydraulických modelov vytvorených na základe prijatých povodňových scenárov, ktoré vychádzajú zo štatistických hydrologických údajov a informácií o reliéfe terénu a využití záplavových území. Nezobrazujú ani historické rozsahy povodní, ale oblasti s určitou pravdepodobnosťou ich výskytu (napr. raz za 10, 100 alebo 500 rokov). Porovnanie týchto oblastí s historickými povodňami ukazuje, že ich rozsahy sa môžu líšiť.

Keďže sa vstupné údaje pre modelovanie povodní môžu v čase meniť (napr. zmeny vo využití územia, nové dopravné stavby, výstavba alebo rekonštrukcia hydrotechnických objektov, dostupnosť presnejších topografických či zrážkových údajov), je potrebné mapy pravidelne prehodnocovať a aktualizovať. Zákon – Vodné právo (Zb. z. 2017 poz. 1566) stanovuje povinnosť ich aktualizácie každých 6 rokov. Pri ich používaní je preto dôležité overiť si aktuálnosť spracovania.

Najväčšou výhodou tejto metódy je široká dostupnosť jej výstupov. Mapy MPO a MPR sú verejne dostupné online a môže ich využívať každý občan. Je možné ich prezerať v geoportáloch, ako aj sťahovať vo forme mapových listov v mierke 1 : 10 000 (napr. vo formáte PDF alebo GeoTIFF). Dostupné sú aj vektorové vrstvy vo formáte shapefile, ktoré možno využiť pri priestorových analýzach v GIS. Na sprístupňovanie informácií o povodňovom riziku v krajinách EÚ kladie veľký dôraz aj smernica 2007/60/ES (tzv. Povodňová smernica). Používanie týchto máp je bezplatné, čo predstavuje ich významnú výhodu.

Za zmienku stojí aj dostupnosť simulácií rozsahu zaplavenia pri porušení hrádzi alebo vodných stavieb, čo pomáha uvedomiť si možné dôsledky ich poškodenia pre obyvateľov ohrozených oblastí.

C. Hodnotenie vhodnosti použitia metódy

Táto metóda je napriek určitým obmedzeniam veľmi cenným zdrojom informácií o povodňovom ohrození a riziku v danom povodí, a predstavuje dôležitý nástroj pri rozhodovaní o využití územia.

Sprístupnenie informácií o oblastiach ohrozených povodňami, úrovni tohto ohrozenia a súvisiacom riziku umožňuje obyvateľom aj miestnym samosprávam prijímať informované a racionálne rozhodnutia, napríklad pri umiestňovaní investícií. Každý občan si môže overiť, či žije v záplavovom území a do akej miery je ohrozený.

Mapy povodňového ohrozenia a rizika by mali tvoriť základný podklad pre územnoplánovaciu dokumentáciu obcí a okresov.

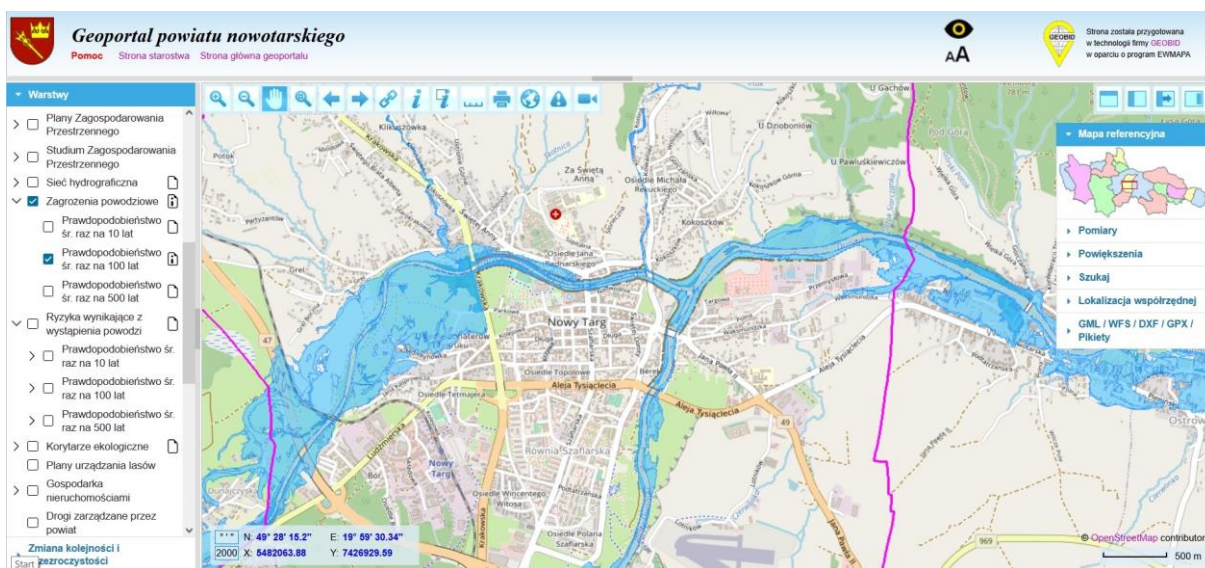
Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

D. Príklady využitia metódy v oblasti podpory

Výsledky mapovania oblastí ohrozených povodňami a ich negatívnych dôsledkov pre obyvateľstvo a majetok sú dostupné v geoportáloch jednotlivých obcí a okresov v poľskej časti podporovaného územia. Tieto informácie možno nájsť napríklad v geoportáli okresu Nowy Targ (<https://nowotarski.geoportal2.pl>), v systéme priestorových informácií okresného úradu v Sanoku (<https://sanocki.e-mapa.net>) alebo v geoportáli okresu Oświęcim (<https://oswiecimski.e-mapa.net/>).

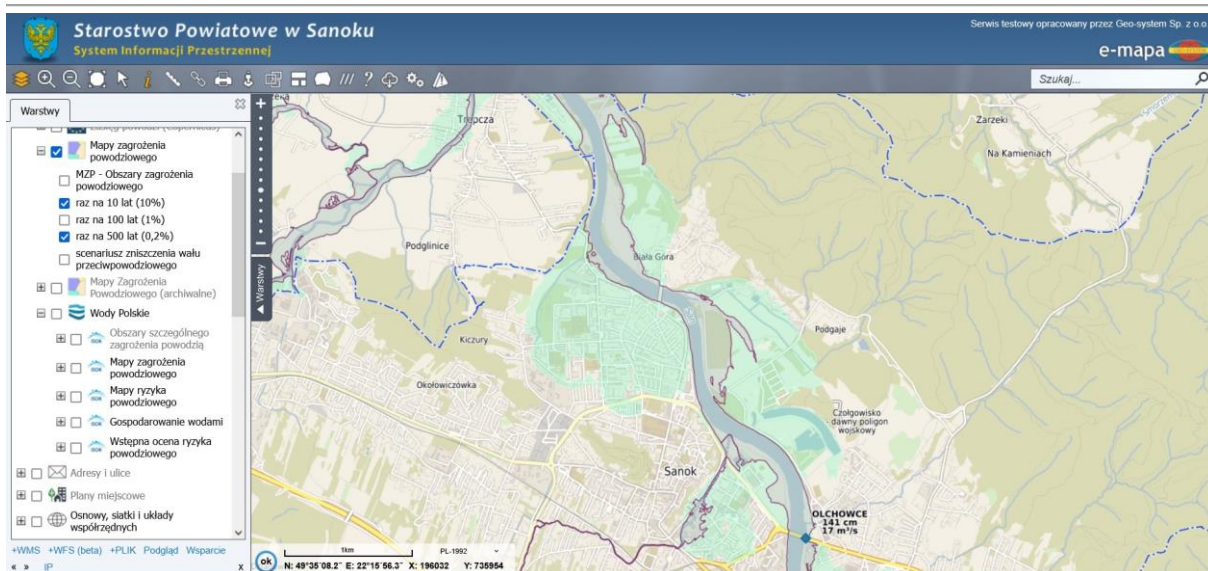
Nižšie sú uvedené príklady máp vygenerovaných z uvedených internetových portálov (Obrázky 2, 3, 4).



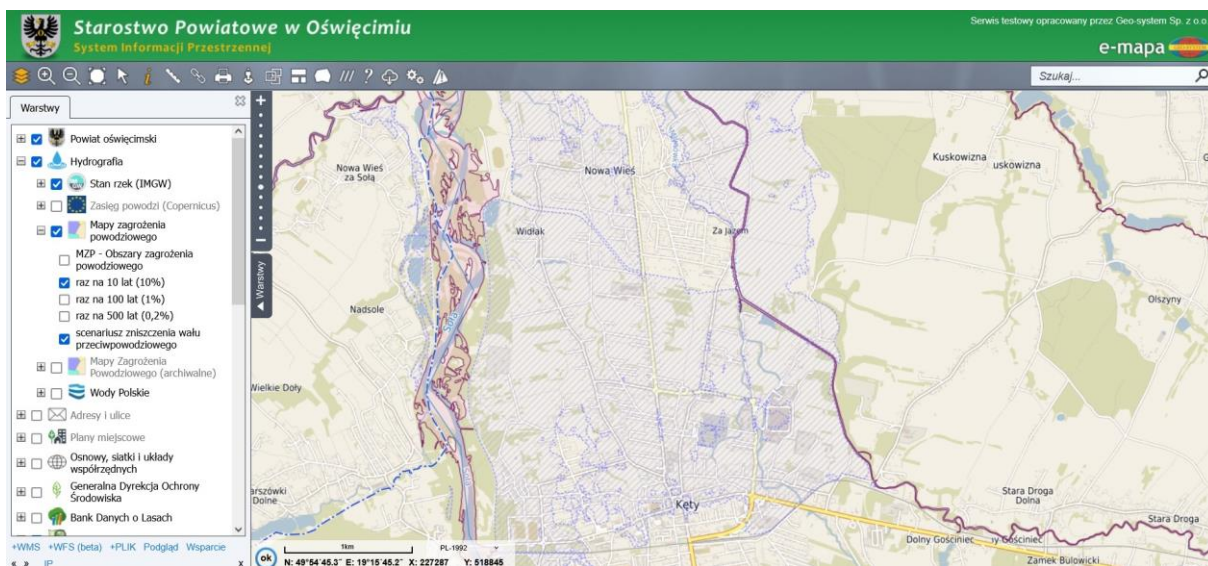
Obrázok 2. Fragment mapy povodňového ohrozenia (MPO) v okolí Nowého Targu s pravdepodobnosťou výskytu povodne raz za 100 rokov, vygenerovaný z geoportálu okresu Nowý Targ.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 3. Fragment mapy povodňového ohrozenia (MPO) v okolí Sanoku s pravdepodobnosťou výskytu povodne raz za 10 rokov (rozsah vyznačený bordovou líniou) a raz za 500 rokov (rozsah vyznačený svetlozelenou farbou), vygenerovaný zo systému priestorových informácií Okresného úradu v Sanoku.

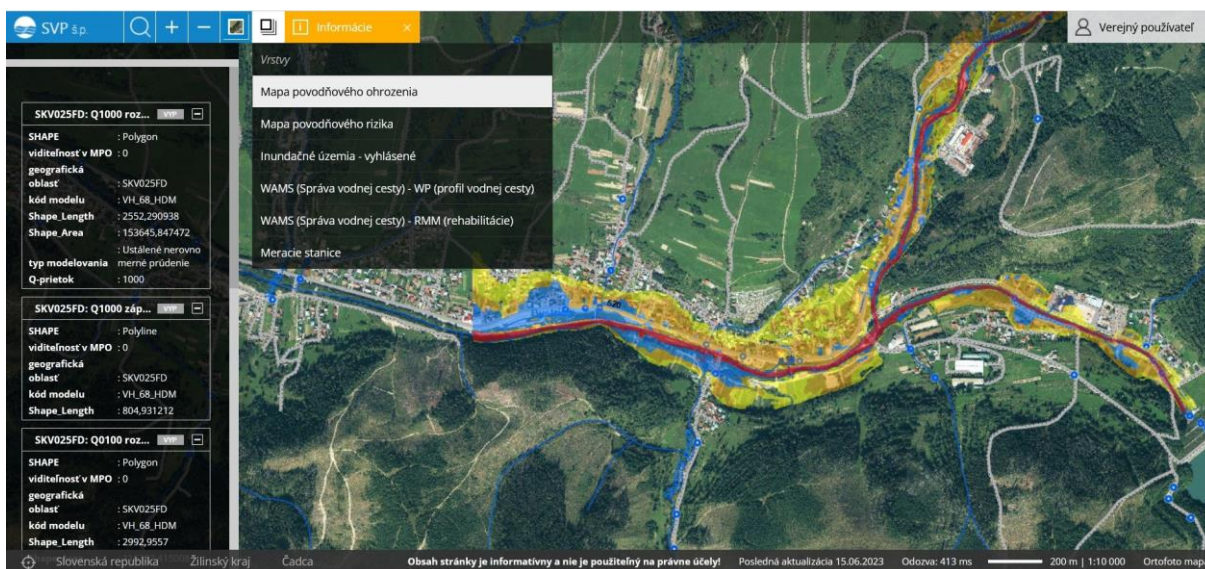


Obrázok 4. Mapa povodňového ohrozenia (MPO) v okolí Kęt zobrazujúca scenár porušenia protipovodňovej hrádze (rozsah zaplavenia je vyšrafovaný) a pravdepodobnosť výskytu povodne raz za 10 rokov (rozsah vyznačený bordovou líniou), vygenerovaná zo systému priestorových informácií Okresného úradu v Oświęcimie.

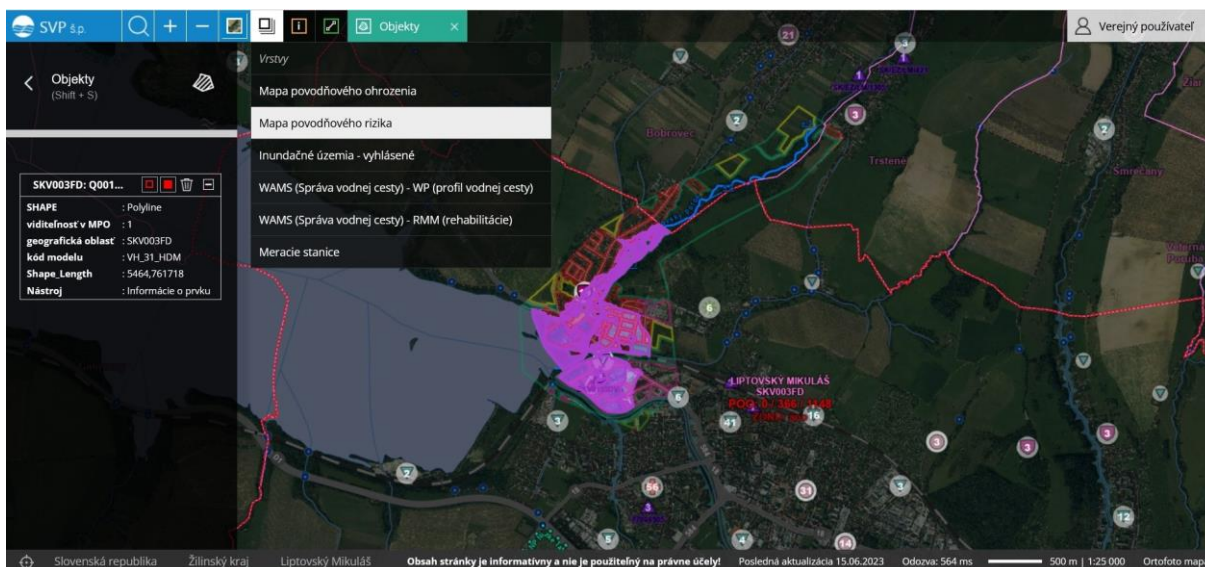
Polska – Słowacja

Testovanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Výsledky mapovania území s osobitným povodňovým ohrozením sú dostupné aj pre samosprávy nachádzajúce sa na slovenskej strane oblasti podpory projektu. Príklady fragmentov máp sú uvedené na obrázkoch 5 a 6.



Obrázok 5. Fragment mapy povodňového ohrozenia v okolí Čadce (Žilinský kraj), vygenerovaný zo slovenského geoportálu (<https://mpt.svp.sk>).



Obrázok 6. Fragment mapy povodňového rizika v okolí Liptovského Mikuláša (Žilinský kraj), vygenerovaný zo slovenského geoportálu (<https://mpt.svp.sk>).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

II. Infraštruktúrne (technické) metódy obmedzujúce negatívne následky povodní – pasívna ochrana

A. Technický opis metódy ochrany pred povodňami vrátane teoretických východísk

Tieto metódy zahŕňajú predovšetkým:

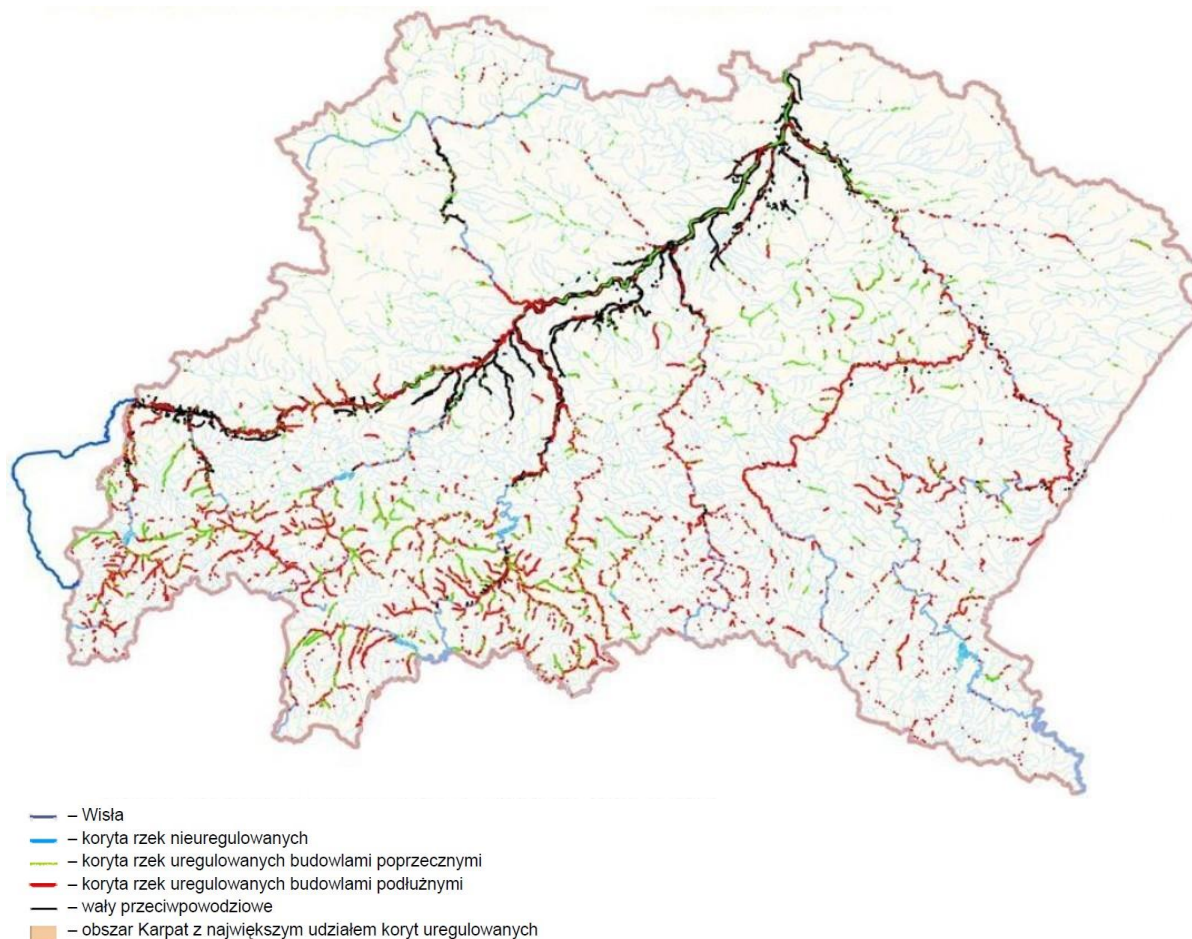
- úpravu priebehu riečneho koryta s využitím hydrotechnických stavieb (napr. pozdĺžne a priečne hrádze, prahy, hate, vodné stupne) a spevnenie brehov,
- výstavbu protipovodňových hrádzí.

Regulačné práce na európskych riekach sa začali už v neskorom stredoveku, avšak vo väčšom rozsahu sa realizovali až v 19. storočí. Výsledkom týchto zásahov v poľskej časti Karpát bola premena širokých, viacramenných koryt typických pre horské rieky na jednorúrovňové korytá. Regulačné práce spočívali vo formovaní úzkeho, jednorúrovňového koryta a odstraňovaní bočných ramien pomocou pozdĺžnych stavieb.

V dôsledku týchto zásahov sa riečne korytá stali menej kľukaté, kratšie a užšie, čo viedlo k zvýšeniu ich sklonu a zrýchleniu odtoku vody. Veľmi intenzívne regulačné práce prebiehali v druhej polovici 20. storočia, pričom najväčší rozsah dosiahli v západnej a strednej časti Karpát (Gorczyca E., Krzemień K., 2010). Najviac úprav bolo vykonaných v dolných úsekoch riek, čo súviselo s potrebou ochrany husto osídlených a intenzívne využívaných priľahlých území. V súčasnosti je väčšina riečnych koryt v poľských horách už v rôznej miere upravená (Obrázok 7).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 7. Upravené korytá riek a potokov v povodí horného Visly (Regionálny úrad vodného hospodárstva v Krakove), podľa Gorczyca E., Krzemień K., 2010.

V zákone **Vodné právo**, v článku 236 sa uvádza, že: „Regulácia koryt prírodných vodných tokov, ďalej nazývaná „regulácia vôd“, slúži na zlepšenie podmienok využívania vôd a ochranu pred povodňami alebo pred suchom. Regulácia vôd spočíva v prijímaní opatrení týkajúcich sa tvarovania pozdĺžneho a priečneho prierezu a horizontálneho usporiadania koryta prírodného toku. Regulácia vôd má zabezpečiť dynamickú rovnováhu koryta prírodného toku.“

V korytách podrobených regulačným prácam je mimoriadne dôležité zachovanie ich vertikálnej a horizontálnej rovnováhy. Strata tejto rovnováhy môže viesť k zvýšeniu povodňového rizika.

Spevnenie brehov plní niekoľko dôležitých funkcií, z ktorých najvýznamnejšie sú:

- ochrana infraštruktúry (zajišťovanie ciest, mostov a budov blízko riek),
- prevencia erózie (obmedzenie poškodzovania brehov spôsobeného prúdom a vlnobitím).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

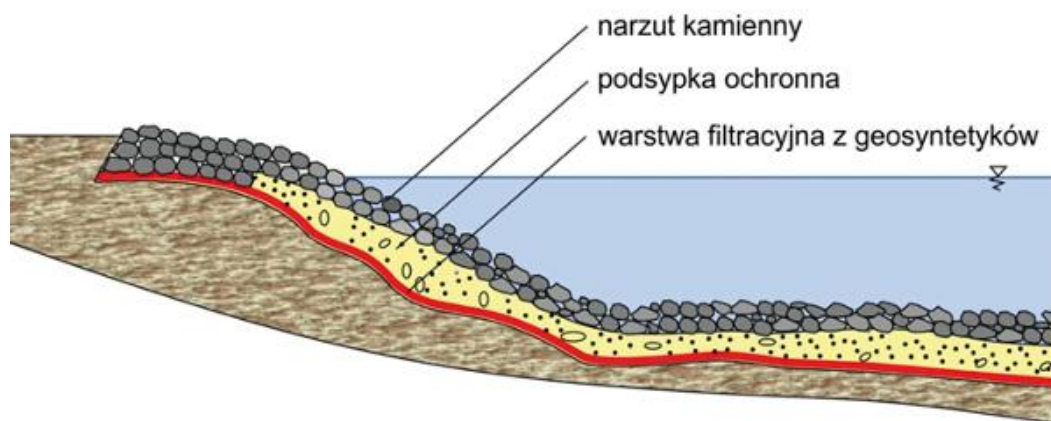
Spevnenia brehov navyše stabilizujú korytá riek (predchádzajú nežiaducim zmenám ich priebehu a zabezpečujú predvídateľný prietok), zlepšujú splavnosť (chránia vodné cesty pred zanášaním a zosuvmi) a chránia protipovodňové hrádze (spevňujú brehy okolo hrádží, chránia ich pred podmývaním).

Spevnenie brehov možno rozdeliť na **technické (inžinierske)** a **prírodné (biotechnické)**.

Technické (inžinierske) spevnenia

Vybrané typy technických spevnení:

Brehový pás z kameniva – vrstva kameňov uložená na brehu alebo dne rieky (Obrázok 8), ktorá rozptyľuje energiu vody a zabraňuje erózii. V závislosti od odhadovanej rýchlosti prúdu sa používajú kamene vhodnej veľkosti, ukladané na podklad z geotextílie. Kamene by mali byť ukladané a klinované medzi sebou. Nie je dovolené používať drobné úlomky, ktoré by voda mohla odplaviť. Najčastejšie sa používajú lomové kamenné bloky. Tento materiál musí byť odolný voči pôsobeniu vody a mrazu, mať vysokú objemovú hmotnosť a nesmie podliehať lúhovaniu, zmäknutiu alebo rozpadaniu. Tieto požiadavky spĺňajú napr. **granity, porfíry, sjenity a kremenné pieskovce**.



Obrázok 8. Priečný rez kamenivom pokrytým pásom spevňujúcim breh aj dno toku (<https://inzynierbudownictwa.pl/umocnienia-denno-i-brzegowe-dla-przeplywow-rwacych-i-progow/>).

- **Brehový pás vo forme tesnej steny (záporové steny, grodzice)** – vertikálne prvky (drevené, oceľové, betónové alebo z plastov) zatĺkané, vibrované alebo vtláčené do dna rieky za účelom ochrany brehu alebo podnože hrádze (Obrázok 9).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Najčastejšie sa používajú tzv. **Larsenove steny**, ktoré sa v pozemnom staviteľstve používajú na ochranu výkopov pred poškodením alebo presakovaním. Larsenova stena je konštrukcia zložená z ocelových prvkov presne navrhnutého tvaru, ktoré sa zvyčajne osadzujú do podlažia pomocou vibračných kladív. Na stavbu tohto typu steny sa najčastejšie používajú profily v tvare **U alebo Z**, ktoré sa spájajú špeciálnymi ocelovými zámkami zabezpečujúcimi hermetickosť.



Obrázok 9. Tesná stena vyrobená z vinylových záporových stien, chrániaca breh toku (<https://www.pietrucha.pl/pl/oferta/inzyniera-ladowa-i-wodna/grodzice-wynylowe>)

- **Brehový pás vo forme oporného múru** sú betónové, kamenné, tehlové steny alebo steny z gabiónov, ktoré chránia brehy pred podmytím a zosuvom pôdy. V súčasnosti sa najčastejšie na stavbu oporných múrov používajú **gabióny**, teda veľké kletky alebo koše v tvare hranola s objemom od 0,25 do 4 m³, vyrobené z ocelových prútov a pletiva a naplnené kamenivom alebo štrkom.

Gabiónové koše, správne usporiadané, tvoria účinnú, masívnu a trvalú protipovodňovú bariéru, regulujú a kontrolujú tok rieky. Gabióny ponúkajú množstvo výhod: ich pružnosť umožňuje jednoduché prispôbienie terénu, montáž je rýchla a jednoduchá aj v náročných podmienkach, napr. pod vodou. Technológia umožňuje mechanizáciu prác, čo znižuje náklady v porovnaní s tradičnými opornými múrmi z kameňa alebo vystuženého betónu.

Gabióny sa používajú aj na **dočasnú ochranu pred povodňami**, na zvýšenie hrádzi a ochranu ciest či sídlisk. Oporné múry sú inžinierske konštrukcie používané na stabilizáciu brehov riek najmä v zastavaných oblastiach, kde je priestor pre prirodzenejšie spevnenie obmedzený (Obrázok 10).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 10. Oporné múry vybudované z gabiónov (<https://www.flickr.com/photos>)

Brehové pásy s využitím geokraty a geotextílie. Ide o syntetické materiály stabilizujúce pôdu a zabraňujúce jej vyplavovaniu. **Geokraty** (Obrázok 11) sú trojrozmerné, priedušné štruktúry vyrobené z polymérov (napr. HDPE – vysokohustotný polyetylén). Po rozložení na chránenom povrchu vytvárajú priestorovú sieť buniek, ktoré sa dajú vyplniť zemou, kamenivom alebo betónom. Okrem toho bunky naplnené zemou je možné obsadiť vegetáciou.

Geotextílie sú tenké syntetické tkaniny vyrobené z polypropylénu (PP) alebo polyesteru (PET). Pôsobia ako filtračná, separačná a spevňujúca vrstva pôdy. Používajú sa najčastejšie ako podložka pod geokraty, kamenné násypy alebo vegetačné osadenie.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 11. Dopĺňanie geokraty štrkovo-kamenným násypom (<http://www.geokrata-geokrata.pl>)

Druhy technických opevnení – brehové výbežky a priečne hrádze:

- **Brehové výbežky (priečne hrádze)** – sú to hydrotechnické konštrukcie budované kolmo alebo šikmo k brehu rieky za účelom regulácie prúdenia vody (Obrázok 12), ochrany brehov pred eróziou a zlepšenia plavebných podmienok. Jedným z želaných účinkov používania tohto typu stavieb je zúženie koryta toku, čo vedie k sústredeniu prietoku v užšom profile.

Toto zúženie spôsobuje zvýšenie rýchlosti prúdenia, čo následne zvyšuje unášanie materiálu (štrku a kamenia). Na miestach, kde rýchlosť prúdu klesá, dochádza k usadzovaniu materiálu – typickým príkladom sú oblasti medzi výbežkami alebo nádrže oddelené priečnou hrádzou, ktoré majú otvory umožňujúce ich zaplavenie.

Zlepšenie hydraulických podmienok vyplývajúce z výstavby hrádzí vedie k zvýšeniu rýchlosti prúdenia a sily unášajúcej materiál, čo často spôsobuje eróziu dna. Tento jav treba zohľadniť už v projekte a pri realizácii stavby.

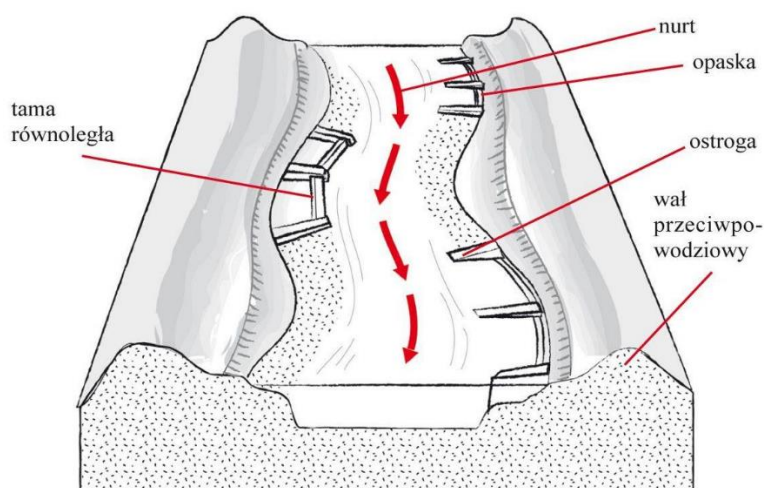
Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 12. Brehové výbežky (<https://www.zegluga-rzeczna.pl/articles/542/stopnie-wodne-czy-zabudowa-regulacyjna>)

Pozdłużne hrádze – stavby konštrukčne podobné brehovým výbežkom, avšak umiestnené pozdĺž toku rieky, zvyčajne spájajúce hlavy výbežkov (Obrázok 13). Pozdĺžne hrádze chránia breh pred rozmávaním na miestach najviac ohrozených eróziou a podporujú účinok brehových výbežkov.



Obrázok 13. Ilustračný náčrt regulácie rieky pomocou priečných hrádzi (výbežkov) a pozdĺžnych hrádzi (<https://www.obozyzeglarskie.com/baza-wiedzy/dzialy/locja-srodladowa/podrozdzialy-5/rzeka-i-czytanie-wody/rzeka-uregulowana/>).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Prírodné (biotechnické) opevnenia

Prírodné opevnenia sa zakladajú na napodobňovaní procesov stabilizácie brehov, ktoré sa prirodzene vyskytujú v prostredí a sú s ním viac kompatibilné.

Vybrané druhy prírodných opevnení:

- **Výsadba vegetácie** – používanie rastlín s pevnými a rozvetvenými koreňovými systémami a rýchlym rastom. Koreňové systémy rastlín spevňujú pôdu a znižujú eróziu. Opevnenie brehov rieky vegetáciou je účinná metóda ochrany pred eróziou a zosuvmi pôdy na brehu. Môže sa realizovať výsadbou stromových a kríkových rastlín, napr.: vrbý (*Salix* spp.), olše (*Alnus* spp.), biele drény (*Cornus alba*), rakytník obyčajný (*Hippophae rhamnoides*). Používa sa aj výsev tráv a bylín, napr.: kostrava červená (*Festuca rubra*) alebo trstina (*Phalaris arundinacea*). Vlhkú pôdu dobre stabilizujú mokrade, napr.: sitiny (*Carex* spp.) a kosatec vodný (*Acorus calamus*). Používa sa aj **faszínovanie** z živých prútov vrbý alebo drene, ukladaných zväzkami pozdĺž brehu rieky na konštrukcii z drevených kolíkov.
- **Faszínovanie** – použitie faszín, teda zväzkov tenkých konárov (najčastejšie vrbových, olšových alebo lieskových), ktoré sú spojené do dlhých púk. Faszína je prírodný, pružný a priepustný materiál, ktorý stabilizuje podložie, zachytáva sedimenty a podporuje rast vegetácie. Opevnenie brehov faszínou je tradičná a ekologická metóda ochrany proti vodnej erózii (Obrázok 14).

Najčastejšie používaným spôsobom faszínovania je **výstavba faszínových opások** – ukladaním zväzkov faszín pozdĺž brehu rieky, pričom ako kostra sa používajú drevené kolíky zapustené do dna. Takto vzniká pružná bariéra, ktorá chráni breh pred podmytím. Inou metódou spevňovania brehov je **ukladanie faszínových rohoží** – ploché rohože z faszín a prútia, ktoré po zasypaní pôdou podporujú rast vegetácie.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 14. Breh spevnený faszínou (https://www.favore.pl/420653_kiszka-faszynowa-umacnianie-brzegow-stawow-rzek-oczek-wodnych-sanok-warszawa-radom-podkarpackie.html).

Ďalším prvkom infraštruktúry, ktorého cieľom je predovšetkým ochrana pred rozlievaním povodňových vôd, sú **protipovodňové valy**.

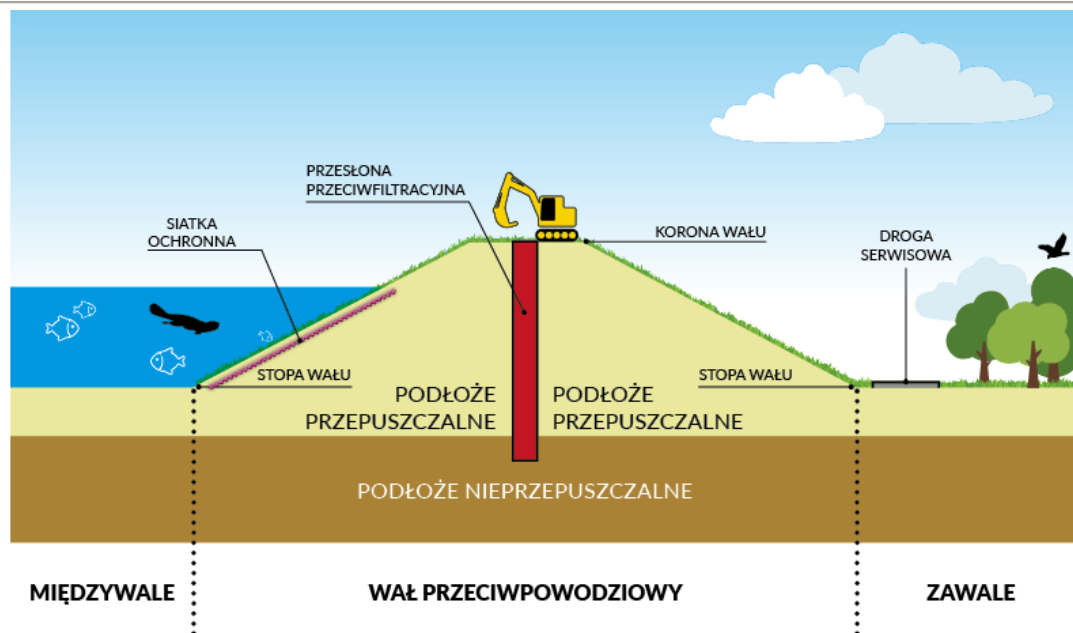
Protipovodňový val ako hydrotechnická stavba (Obrázok 15) plní funkciu zadržania vody, pripomínajúc zemnú hrádzu. Hlavný rozdiel medzi týmito dvoma typmi stavieb spočíva v tom, že protipovodňový val funguje ako zadržiacia konštrukcia iba počas obdobia zvýšených vôd. Navyše, voda na vale je v pohybe, tečie paralelne s rovinou svahu.

Trvanie zvýšených stavov vody môže byť rôzne – ide o krátke aj dlhšie obdobia. Dlhšie obdobia sa často vyskytujú pri väčších riekach, najmä počas jarného topenia snehu po dlhej a snehovej zime. Ak je obdobie vysokých stavov vody dostatočne dlhé, môže sa v telese valu vytvárať **filtračný režim**, podobný ako pri zemnej hrádzi s udržiavaným zadržiavaním vody.

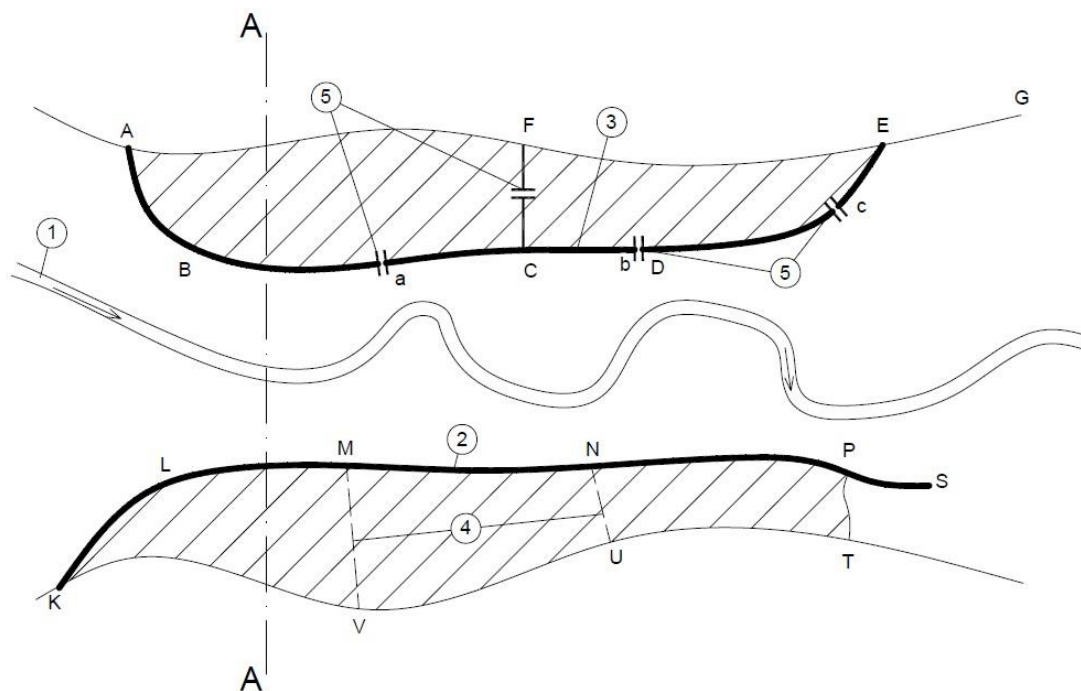
Pohyb zadrživanej vody na vale má význam pre konštrukciu samotného svahu, ktorý musí byť navrhnutý tak, aby odolal **dynamickému pôsobeniu vody**, najmä počas splachu ľadu. V tomto kontexte môžu byť užitočné aj predtým spomínané **smerovacie valy** (Bednarczyk a kol., 2006).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 15. Schematyczny pričný rez protipovodňového vala (<https://www.wody.gov.pl/images>)



Obrázok 16. Schéma hrádzovania v riečnej doline. 1 – rieka, 2 – otvorený val, 3 – uzavretý val, 4 – pričné valu, 5 – priepusty (Bednarczyk a kol., 2006).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Typické hrádzovanie úseku rieky je znázornené na obrázku 16. Čiary (AFEG) a (KVUT) označujú brehy riečnej doliny, ktorá sa zaplavuje počas povodní. Ľavá časť hrádze predstavuje uzavretý val (ABCDE), pravá časť je otvorený val (KLMNPS).

Pri otvorenom vale sa počas povodne voda dostáva za val až po čiaru (PT), dosahujúc hladinu vody zodpovedajúcu úrovni rieky na konci valu (S). Miesta označené čiarovaním sú oblasti, ktoré sa nezaplavujú. Otvorené valu sa využívajú najmä pri riekach s veľkými spádmi a širokými dolinami – zrážková voda a voda z topiaceho sa snehu sa v oblasti ohraničenej otvoreným valom voľne odteká dolu.

Pri uzavretých valoch sa počas povodne voda lokálne hromadí v preliačninách na ich povrchu. Na umožnenie odtoku tejto vody späť do rieky sa v hrádzach budujú priepusty, ktoré umožňujú odvedenie vody po ústupe povodne do medzihražia (Obrázok 16, a, b, c). V prípade prerušenia hlavných hrádz sa niekedy stavajú priečne (dielové) valu (CF, MV, NU), ktoré môžu byť vybavené odtokmi so závermi (CF).

Protipovodňový val musí plniť ochrannú funkciu na celej svojej dĺžke. Aj malé poškodenie jeho štruktúry môže viesť k strate ochranných schopností. Pri poškodení hrádze často dochádza k zaplaveniu veľkých území, ktoré val chránil. Vznik prierazu alebo prelomenia môže spôsobiť ďalšiu, rýchlu deštrukciu valu.

V normálnych podmienkach vysoké prietoky vody trvajú obvykle niekoľko dní, čo znamená, že riziko prepustenia vody na druhú stranu hrádz je relatívne malé. Pri povodniach však môže vysoká hladina vody pretrvávajúť oveľa dlhšie, čo predstavuje vážne riziko pre stabilitu valu (<https://bzg.pl/poradnik/artkul/budowa-ziemnych-walow-przeciwpowodziowych-a-stabilizacja-gruntu/id/13787>).

Príčiny zaplavenia území chránených hrádzami môžu byť spôsobené jedným alebo viacerými súčasne:

- preliatie vody cez korunu valu v dôsledku chýb v projekte alebo zníženia koruny,
- povrchová erózia svahov a deformácie štruktúry valu vrátane pozdĺžnych a priečných trhlín,
- strata tesnosti valu a jeho podložia, vedúca k presiaknutiu počas povodní, často v dôsledku zlej kvality výstavby (napr. nesprávne zhutnenie alebo uvoľnenie pôdy pod vplyvom koreňov stromov),
- filtračné javy ako sú sufozia alebo hydraulické prierazy,
- nelegálne nory vyhrabané zvieratami v tele valu,
- zlý celkový stav protipovodňového valu, ktorý počas povodní spôsobuje častejšie presakovanie a môže viesť k jeho zničeniu,
- nedostatok vhodných protipovodňových krytov mimo trávnik,
- vznik kanálov priečne cez val,
- ľudská nebalosť, prejavujúca sa vytváraním „divokých“ prejazdov a prechodov cez valy.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Každý z týchto javov môže významne ovplyvniť účinnosť ochrany pred povodňami, čo zdôrazňuje dôležitosť riadneho manažmentu a údržby hrádz.

B. Popis výhod a nevýhod metódy

Najväčšie výhody regulácie riek spočívajú v obmedzení rozlievania vôd na obývané a hospodársky využívané oblasti, vrátane kultúrne cenných lokalít, a v rýchlom odtoku povodňových vôd z chránených území. Nevýhodou je, že uľahčenie odtoku vody v hornom úseku rieky zvyšuje riziko povodní v dolnom úseku. Zmena prúdenia spôsobuje rýchlejšiu vnútornú eróziu, čo vedie k zúženiu koryta rieky a negatívne ovplyvňuje retenciu vody, ktorá je kľúčová pri predchádzaní suchu aj povodniam. Retencia je najviac obmedzená odrezaním koryta od častí záplavovej roviny hrádzami.

Regulačné stavby generujú vysoké náklady – nielen na výstavbu, ale aj na údržbu v projektovanom technickom stave. Kontrola stavu a údržba regulačných stavieb musí byť kontinuálna, pretože existuje mnoho faktorov, okrem pôsobenia vody, ktoré ovplyvňujú ich funkčnosť. Hrádze a najmä ich zvyšovanie môžu vytvárať falošný pocit bezpečia, ktorý v prípade prerušenia môže viesť k vysokým materiálnym škodám a dokonca k ohrozeniu života obyvateľstva.

Výhody inžinierskych opevnení spočívajú v ich trvanlivosti, vysokej účinnosti v náročných podmienkach a rýchlej realizácii. Nevýhody zahŕňajú vysoké náklady, často negatívny vplyv na vodné ekosystémy a zrýchlenú eróziu pod týmito opevneniami. Výhody biotechnických opevnení sú najmä využitie prírodných materiálov, podpora biodiverzity a zlepšenie retencie vody. Najväčšou nevýhodou týchto opatrení je menšia odolnosť voči intenzívnym prietokom a dlhšia doba stabilizácie.

C. Hodnotenie vhodnosti použitia metódy

Bežne používané inžinierske spôsoby spevňovania brehov sú účinné pri prevencii erózie, ale väčšinou negatívne ovplyvňujú životné prostredie. Spevnenie brehov obmedzuje prirodzenú schopnosť rieky samočistenia a narušuje vodné ekosystémy, ohrozujúc biotopy rýb a vtákov. Rýchlejší prietok vody môže zvýšiť riziko povodní v dolnom úseku rieky a spevnenie jedného úseku môže spôsobiť zvýšenú eróziu inde, čo vedie k nutnosti ďalších investícií a vytvára začarovaný kruh neustálych zásahov do rieky.

Inžinierske stavby majú vysoké náklady na výstavbu a údržbu – betónové a oceľové konštrukcie sú drahé a vyžadujú pravidelnú údržbu. Z týchto dôvodov by mali byť použité len v obmedzenom rozsahu, v oblastiach silne osídlených alebo hospodársky využívaných. Kde je to možné, treba

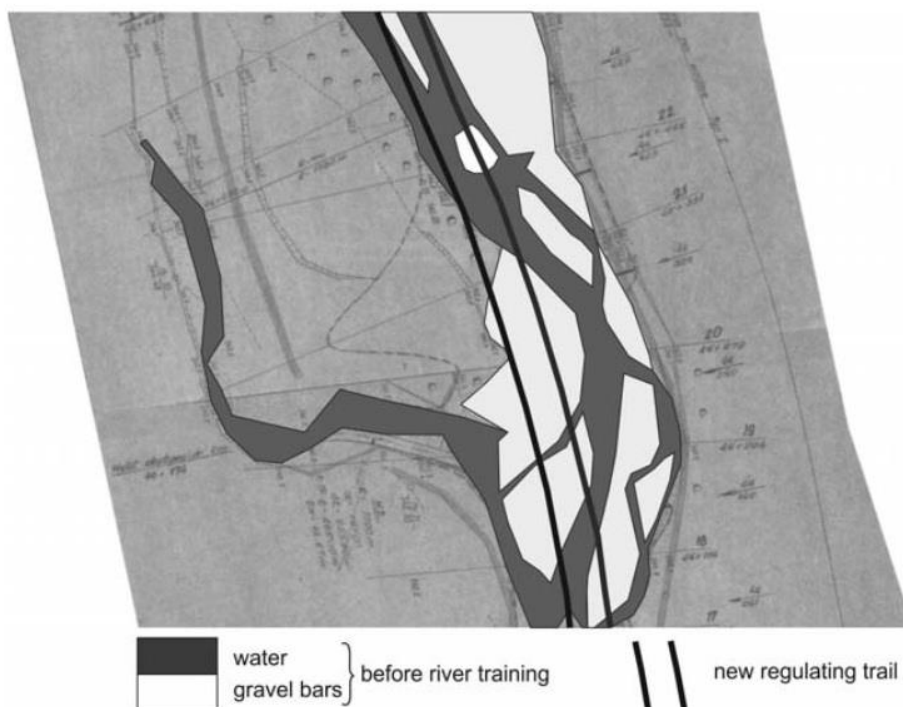
Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

preferovať moderné, ekologickejšie riešenia. Z dlhodobého hľadiska sa biotechnické metódy môžu ukázať ako výhodnejšie a samozrejme šetrnejšie k životnému prostrediu.

D. Príklady použitia metódy na znižovanie povodňových rizík v okresoch / územiach podporovaného projektu

Obce a okresy v poľskej časti podporovaného územia sa väčšinou nachádzajú v povodiach karpatských prítokov Wisly. Táto metóda znižovania účinkov povodní je najrozšírenejšia a v menšej či väčšej miere sa vyskytuje na všetkých územiach spravovaných samosprávami, v závislosti od ich polohy a súvisiaceho rizika povodní. Príkladom je rieka Skawa, ktorej povodie leží celé v podporovanom území projektu. V rámci regulácií na karpatských prítokoch Wisly na prelome 19. a 20. storočia a v druhej polovici 20. storočia boli brehy koryta Skawy čiastočne spevnené pomocou opásania z lomového kameňa, faszynových valcov a gabionových košov. Bežne sa tiež používalo narovnanie úsekov koryta s vysokou krivosťou a miestne zúženie jeho šírky (Obrázok 16).



Obrazok 16. Príklad regulácie viacprúdových úsekov karpatských riek. Regulácia rieky Skawy v miestach Sucha – Maków Podhalański 44+750–49+600 km, 1976, Okresná správa vodného hospodárstva, Krakov (Krzemień et al., 2015). Čiernymi čiarami je vyznačený projektovaný priebeh koryta po dokončení regulačných prác.

Polska – Słowacja

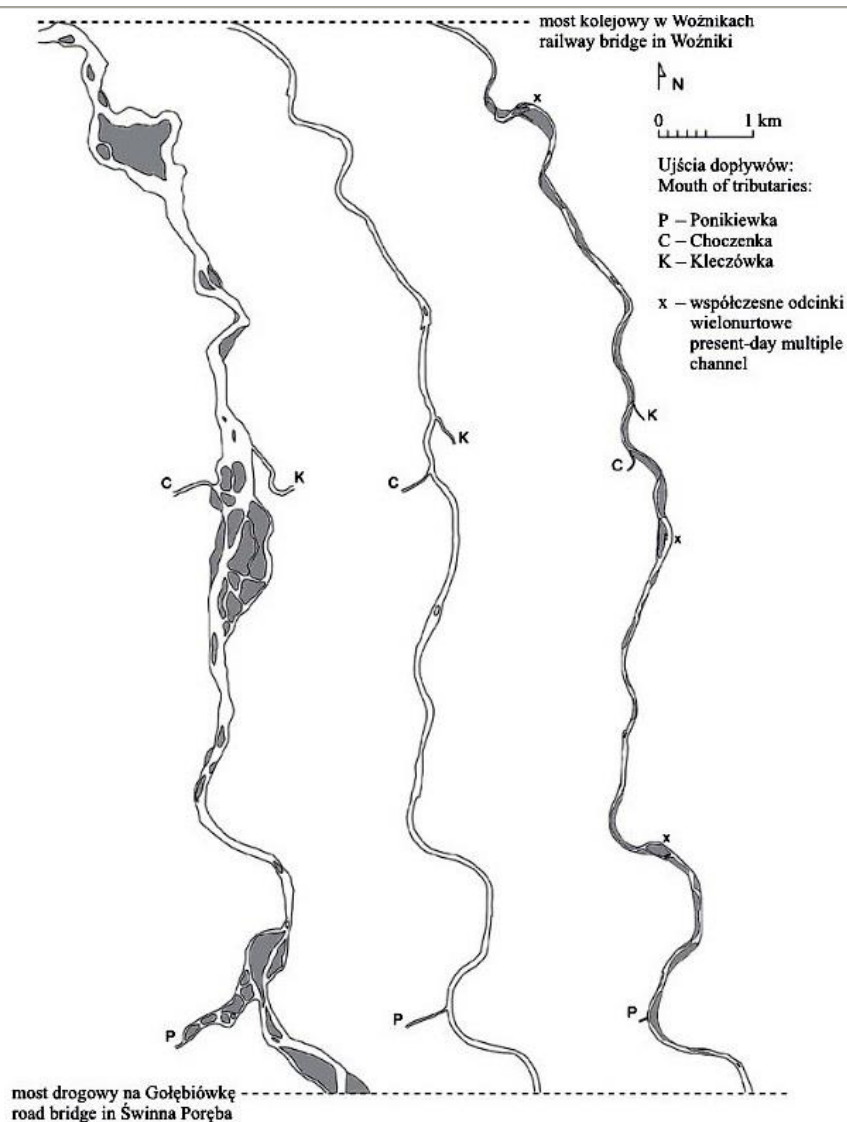
Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Tieto zásahy viedli k premene pôvodných viacprúdových úsekov na jednoprúdové koryto s nízkou krivosťou (Witkowski, Wysmołek, 2013). Vďaka viac než storočným regulačným prácam v doline Skawy, napríklad v okolí Wadowíc, sa koncom 60. rokov 20. storočia dosiahol zamýšľaný efekt (Rycina 17). Takmer 14-kilometrový úsek pôvodne divokej rieky bol premenený na regulovanú trasu so strednou šírkou dna 35 m.

Prvé povodne v novom koryte však odhalili konštrukčné chyby a nevhodné prispôsobenie trasy podmienkam prietoku počas povodní. Od povodne v roku 1970 sa brehové opevnenia systematicky poškodzovali. Priebežné opravy umožnili udržiavať trasu, avšak nedostatok finančných prostriedkov na opravy opevnení poškodených počas povodní v roku 2010 podporil vznik divokých úsekov koryta, napríklad v úseku Skawy vo Woźnikach a v okolí Makowa Podhalańskiego (Witkowski, Wysmołek, 2013).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 18. Zmeny koryta rieky Porębianka v rokoch 1960–2003.

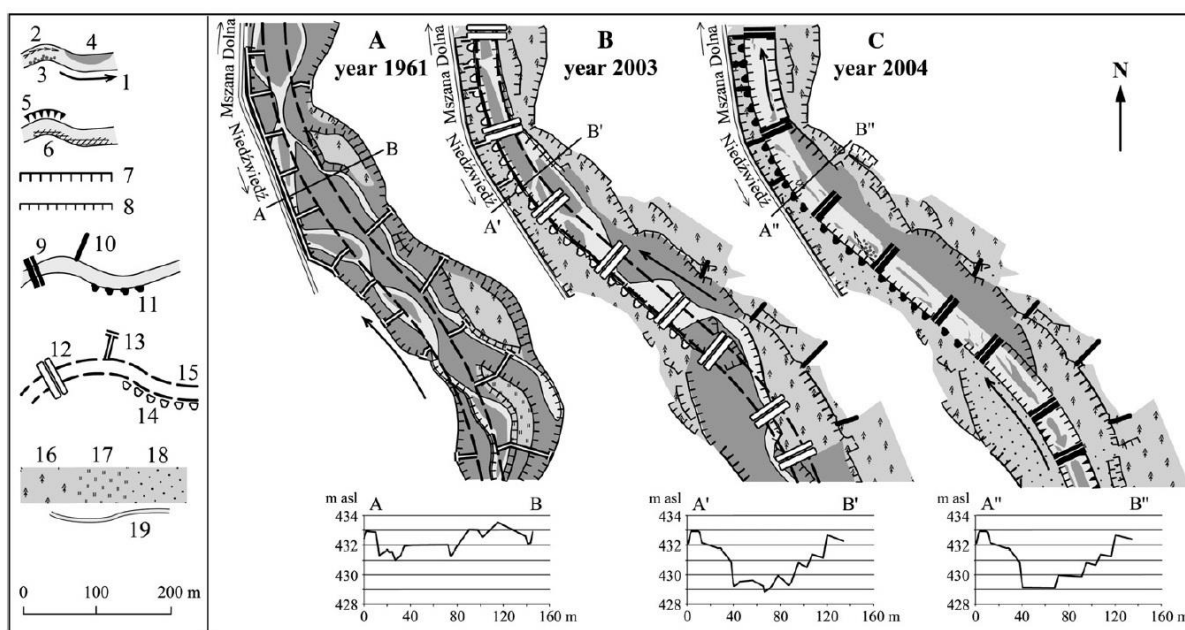
- **Obrázok 18A (do roku 1960)** – Dolný úsek rieky Porębianka mal široké, rozvodnené koryto. Cesta pozdĺž ľavého brehu bola vystavená bočnej erózii.
- **Obrázok 18B (po regulácii v roku 1961 a regulačný projekt z roku 2003)** – Koryto bolo premenené na jednorúďové a zužené z približne 140 m na 30 m. Zvýšený spád koryta viedol k rýchlemu podrezávaniu a postupnému ničeniu prahov. V roku 2003 sa plánovalo ďalšie vyrovnanie a zúženie kanála na 28 m a výstavba 25 kamenných prahov na ochranu dna.
- **Obrázok 18C (po nedokončených prácach po roku 2003)** – Nedokončené regulačné práce spôsobili usadzovanie nánosov a štrkov, čo poukazuje na narušenie rovnováhy medzi

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

eróziou a depozíciou v koryte. Koryto prejavovalo tendenciu k návratu do stavu pred reguláciou.

Analýza: Inžinierske práce, hoci prinášali krátkodobé ochranné účinky, sa ukázali byť v dlhodobom horizonte neúčinné a niekedy spôsobili nepredvídateľné a nezvratné zmeny v morfológii koryta (Korpak, 2007).



Obrázok 17. Regulačné práce úseku koryta rieky Porębianka (Korpak, 2007)

- **A** – morfológia úseku koryta v roku 1961
- **B** – morfológia úseku koryta v roku 2003
- **C** – morfológia úseku koryta v roku 2004

Legenda:

1 – smer prúdenia; 2 – bystrina; 3 – tiché rameno; 4 – štrk; 5 – podrezanie brehu; 6 – skalné odhalenie; 7 – svah (výška 2–5 m); 8 – svah (výška 0–2 m); 9,12 – balvany; 10,13 – prahy; 11 – kamenný násyp; 14 – lomový kameň; 15 – regulačná trasa; 16 – les; 17 – lúka; 18 – iné; 19 – hlavná cesta.

Protipovodňové hrádze sa vyskytujú predovšetkým v údolí veľkých riek, kde zabráňujú rozlietaniu povodňových vôd do obývaných alebo hospodársky využívaných oblastí. Mnohé z nich sú staré stavby, niektoré až storočné, preto je často potrebná ich oprava alebo modernizácia.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Například v roku 2019 sa začala prestavba hrádzí v Broszkowiciach (okres Oświęcim), ktorá bola súčasťou projektu realizovaného Štátnym podnikom pre vodné hospodárstvo **Wody Polskie**. Práce sa týkali úseku 750 metrov pozdĺž rieky Visly a takmer 450 metrov pozdĺž rieky Soły (Obrázok 18).



Obrázok 18. Fotografia znázorňujúca rozšírenie hrádzí Visly v Broszkowiciach (<https://gazetakrakowska.pl>)

V súčasnosti sa budujú aj nové **protipovodňové hrádze**, ktoré využívajú moderné riešenia. Napríklad v okrese Jaslo boli vybudované hrádze na rieke Ropa, ktoré boli posunuté od koryta rieky, čím sa umožňuje rozliatie vody počas povodní (Obrázok 19). **Protipovodňové hrádze na Ropo** majú kľúčový význam pre ochranu zdravia a života ľudí, obydli, hospodárskych budov, kritickej infraštruktúry a objektov historicko-kultúrneho dedičstva.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 18. Fragment hrádze rieky Ropa. Hrádze tejto rieky chránia pred povodňou viac ako 2 000 obyvateľov Trzciny, čističku odpadových vôd v tomto meste, železničnú trať Jaslo-Stráže a cestu I. triedy č. 28 Jaslo-Gorlice. Ochrana zahŕňa aj múzejné objekty a administratívne budovy archeologického skanzenu. (Fotografia zo stránky <https://www.jaslo365.pl>)

III. Infraštruktúrne (technické) metódy znižovania negatívnych účinkov povodní – kontrola objemu prívalových prietokov (aktívna ochrana)

A. Technický popis metódy ochrany pred povodňami spolu s teoretickými predpokladmi

Aktívna ochrana pred povodňami predstavuje opatrenia, ktorých cieľom je „zachytiť“ alebo aspoň zmierniť povodňovú vlnu prostredníctvom dočasného zadržiavania prebytočnej vody v špeciálne vybudovaných priehradných nádržiach.

Priehradné nádrže vznikajú zadržením vody v riečnej doline na priehradách rôznej konštrukcie, závislej od funkcie, ktorú nádrž plní.

Podľa účelu možno priehradné nádrže rozdeliť na:

- **Retenčné nádrže** – slúžia na zhromažďovanie vody pre vodohospodárske účely. Hrajú kľúčovú úlohu pri riadení vôd, najmä pri ich nadbytku (ako sú povodne) a počas sucha. Ich hlavným cieľom je vyrovnávanie prietokov riečnych vôd. Tieto nádrže majú zvyčajne **viacúčelný charakter** (Obrázok 19) – zadržiavaná voda môže byť využitá na výrobu

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

energie (pohánaním turbín vodných elektrární), zavlažovanie poľnohospodárskych pôd, zásobovanie miest a priemyselných podnikov vodou, ako aj na zlepšenie podmienok plavby a rekreačné účely.



Obrázok 19. Viacfunkčná retenčno-protipovodňová nádrž – tiež pre ochranu pred požiarmi a zásobovanie poľnohospodárstva vodou (<https://krakow.wody.gov.pl/o-wodach-polskich/zbiorniki-rzgw-w-krakowie>)

- **Vyrovňavacie nádrže** – sú budované pod priehradou ako doplnkové objekty k energetickým nádržiam. Ich cieľom je vyrovnanie prietoku rieky pod priehradou. Každá nádrž, bez ohľadu na charakter a účel, spôsobuje, že prietok v rieke pod ňou je premenný. Na zabránenie tomuto javu sa budujú menšie vyrovňavacie nádrže. Tento proces sa najčastejšie týka energetických objektov, ktoré pracujú vo vrcholovom režime (prepäťové alebo prečerpávacie elektrárne).
- **Priehradné nádrže s prietokom (flow-through nádrže)** – sú umiestnené pri pohyblivých hrádzach, kde sa udržiava konštantná hladina vody. Počas určitého obdobia je množstvo vody odtiekajúcej z nádrže rovnaké ako množstvo, ktoré do nej priteká. Veľké priehradné nádrže môžu byť využívané na energetické účely a na jednoduchý odber vody, čo je obzvlášť užitočné pre priemysel, mestá a poľnohospodárstvo. Hlavnou nevýhodou je nemožnosť zásobovania vodou počas sucha. Tieto nádrže sa najčastejšie budujú v nížinách, kde nie sú vhodné podmienky na dlhodobé zadržiavanie vody. Okrem toho uľahčujú plavbu a môžu tvoriť kaskády na riekach.
- **Suché vodné nádrže** – sú nádrže v riečnej doline využívané výhradne na ochranu pred povodňami. Prepadové zariadenia priehrad týchto nádrží nemajú uzávery – v obdobiach medzi povodňami voda prirodzene preteká cez nádrž a jej prepádové kanály (spodné prepady). Zadržiavanie vody nastáva, keď prietok prekročí kapacitu prepádov. Po prejdení povodňovej vlny a znížení prietoku v rieke sa nádrž opäť „vysuší“ a často sa využíva ako pasienok. Na rozdiel od tradičných priehradných nádrží, suché nádrže využívajú svoju celkovú kapacitu na zadržiavanie povodňových vôd (Obrázky 21, 22). Vďaka tomu sa vyznačujú vysokou účinnosťou pri zmiernení účinkov veľkých povodňových vlín.

Polska – Słowacja

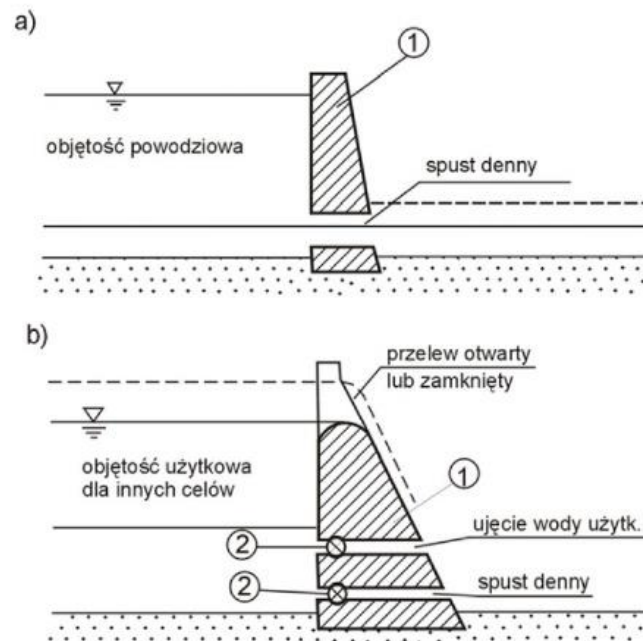
Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 20. Vyrovnávacia (regulačná) nádrž Czaniec – súčasť energetickej nádrže Porąbka (<https://haskoningdhv.pl/projects/jaz-czaniec/>).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 21. Schématické porovnanie objemov (protipovodňovej rezervy) suchého protipovodňového jazera a viacúčelovej nádrže: a – suchá protipovodňová nádrž, b – viacúčelová nádrž, 1 – priehrada, 2 – uzávery (Bednarczyk a kol., 2006).

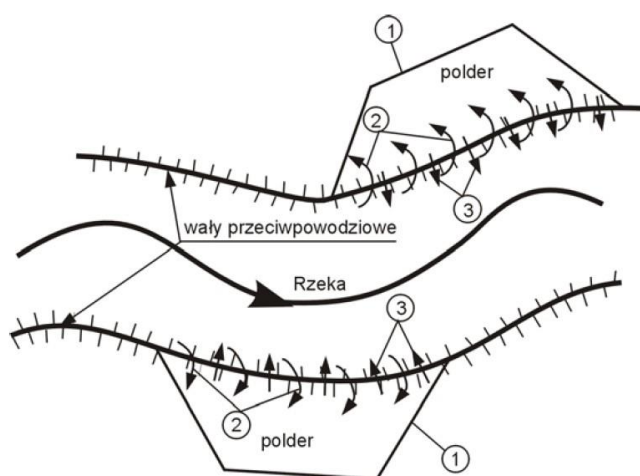


Obrázok 22. Suchá protipovodňová nádrž (<https://24klodzko.pl/wody-polskie-zakonczyly-budowe-zbiornika-przeciwpowodziowego-w-krosnowicach/>).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Podobnú funkciu ako suché protipovodňové nádrže plnia poldery. Ide o uzavreté územia obkolesené hrádzami, ktoré sa nachádzajú v údolí rieky. Poldery slúžia na zachytávanie časti povodňovej vlny a po jej poklese, vďaka odtokovým zariadeniam zabudovaným v hrádzach, vracajú zachytenú vodu späť do rieky (Obrázok 23).



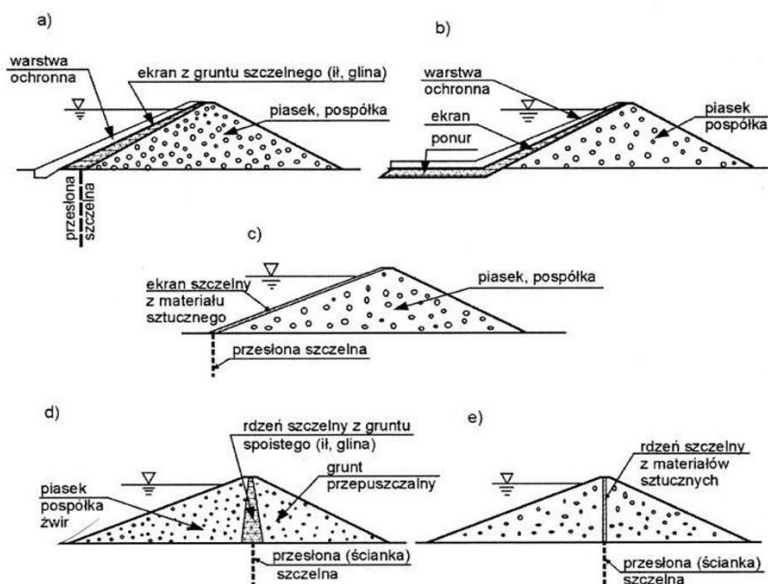
Obrázok 23. Schemat ideový výstavby polderov v hrádzovej riečnej doline. 1 – hrádza polderu, 2 – prepad cez korunu hrádze, 3 – spodné prepady v hrádzi (Bednarczyk a kol., 2006).

Podľa použitého materiálu na výstavbu priehrad je možné rozlíšiť niekoľko typov:

Zemné priehrady – vybudované z rôznych zemín, ako je hlina, piesok alebo štrk. Často sú zaistované ílovým alebo betónovým jadrom (Obrázky 24, 25), čo im dodáva pružnosť a umožňuje dobré prispôbenie sa rôznym geologickým podmienkam. Zemná priehrada má v priečnom reze tvar približne trapezu. Jej telo tvorí zemný alebo kamenný násyp, ktorý sa zdvíha nad podložie. V rámci tela priehrady môžeme rozlíšiť rôzne prvky, vrátane statických častí (statické násypy), tesniacich prvkov, drenáží, prechodových vrstiev a reverzných filtrov.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 24. Rôzne spôsoby zaistovania tesnosti zemných priehrad (https://home.agh.edu.pl/~kowalski/files/BZ_06.pdf)



Obrázok 25. Príklad zemnej priehrady s ílovým jadrom (<https://krakow.wody.gov.pl/o-wodach-polskich/zbiorniki-rzgw-w-krakowie>).

Horná plocha telesa priehrady sa nazýva koruna priehrady, zatiaľ čo spodná plocha tvorí jej základňu. Bočné plochy majú charakter svahov. Ich sklony sa určujú vzhľadom na výšku priehrady a na projekcie svahov na roviny, na ktorých sú uložené. Sklon svahov môže byť na celej dĺžke konštantný alebo variabilný. Pri vysokých priehradách sú svahy, najmä odvetrávacie, často prerušené lavičkami, ktoré slúžia ako pracovné priechody a na zhromažďovanie dažďovej vody stekajúcej po ich plochách.

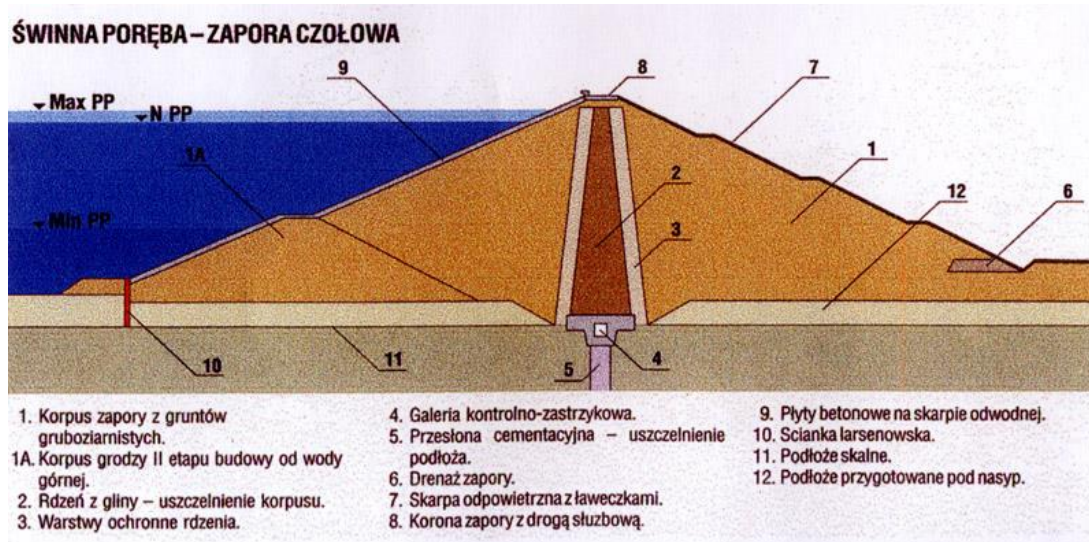
Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Betonové (ťažké) priehrady rôznej konštrukcie – vyznačujú sa vysokou odolnosťou a trvanlivosťou voči obrovskému tlaku vody. Betonové priehrady sa najčastejšie stavajú ako gravitačné – ich vlastná hmotnosť odoláva tlaku vody (Obrázok 26). Typickým príkladom sú priehrady s jednoduchým tvarom. Lukové priehrady majú tvar oblúka, čo im umožňuje prenášať tlakové sily vody na okraje údolia a vyžadujú menej materiálu než gravitačné priehrady. Príkladom je známa Hooverova priehrada v Spojených štátoch.



Obrázok 26. Príklad betónovej priehrady (<https://www.gov.pl/web/wody-polskie-krakow/Zbiorniki>). Nádrž Porąbka je najstarším prvkom kaskády rieky Soła, postaveným v rokoch 1921–1936.



Obrázok 27. Schéma konštrukcie zemnej priehrady s hliníkovým jadrom (<https://wadowiceonline.pl>).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

B. Popis výhod a nevýhod metódy

Najväčšie výhody aktívnej ochrany pred povodňami spočívajú v možnosti zachytávania povodňových vôd a tým regulovať prietok rieky. Najlepšie túto úlohu plnia suché nádrže, v ktorých celá objemová rezerva je vyhradená pre povodňovú rezervu. Pri viacúčelových nádržiach, napriek ich značnému objemu, tvorí povodňovú rezervu len časť objemu, čo pri väčších povodniach môže byť nedostatočné. V takom prípade je potrebné zvýšiť prietok z priehrady do takej miery, že pod priehradou môže vzniknúť katastrofická povodeň.

Priehrady znižujú povodňovú vlnu, ale zároveň ju predlžujú, čo môže spôsobiť nasiakavanie a rozmyvanie protipovodňových hrádzí. Umelé nádrže zachytávajú všetok splavený materiál a značnú časť suspendovaných častíc, čo zvyšuje eróznú silu vody pod priehradami. Dochádza k strate vertikálnej stability koryt riek a zosilneniu erózných procesov. Znižovanie dna rieky môže odhaliť piliere mostov alebo zvýšiť stavbu regulačných objektov nad korytom, čo generuje dodatočné náklady na ochranu proti erózii.

Sedimenty zhromaždené desaťročia v priehradových jazerách môžu byť kontaminované – napríklad v nádrži Otmuchów na rieke Mała Panew bolo zistených 5 miliónov m³ toxických sedimentov (Želaziński, 2012). Zničenie priehrad, ktoré zadržávajú veľké množstvá vody, môže viesť k katastrofe, pretože vytvorí veľmi strmú povodňovú vlnu. Takéto projekty sú navyše finančne, ekologicky a spoločensky náročné. Lokalita výstavby priehrady je determinovaná šírkou a hĺbkou riečnej doliny, čo značne obmedzuje možnosti jej umiestnenia. Vytvorenie priehradového jazera spôsobuje radikálne zmeny v ekosystémoch, často s deštrukciou cenných prírodných oblastí, a môže vyžadovať vysídlenie obyvateľov, čo vyvoláva spoločenský odpor.

C. Hodnotenie vhodnosti metódy

Retenčné nádrže regulujú prietok rieky a zhromažďujú prebytočnú vodu, preto sa javia ako optimálny prostriedok protipovodňovej ochrany. Často však plnia aj iné funkcie (hydroenergetické, rekreačné), takže ich protipovodňový potenciál nie je vždy plne využitý. Vzhľadom na množstvo nevýhod je odporúčané z hľadiska ochrany pred povodňami obmedzovať výstavbu nových viacúčelových priehrad. Časová retencia povodňových vôd by mala byť realizovaná hlavne v suchých nádržiach a polderoch.

D. Príklady využitia metódy v povodňovej ochrane

V obciach a okresoch zapojených do projektu existujú retenčné nádrže plniace rôzne funkcie (pitná voda, rekreácia, protipovodňová ochrana, energetika). Pri povodňovej hrozbe majú všetky tieto nádrže chrániť nižšie ležiace oblasti. Všetky musia udržiavať vhodnú povodňovú rezervu na základe hydrologických predpovedí.

Polska – Słowacja

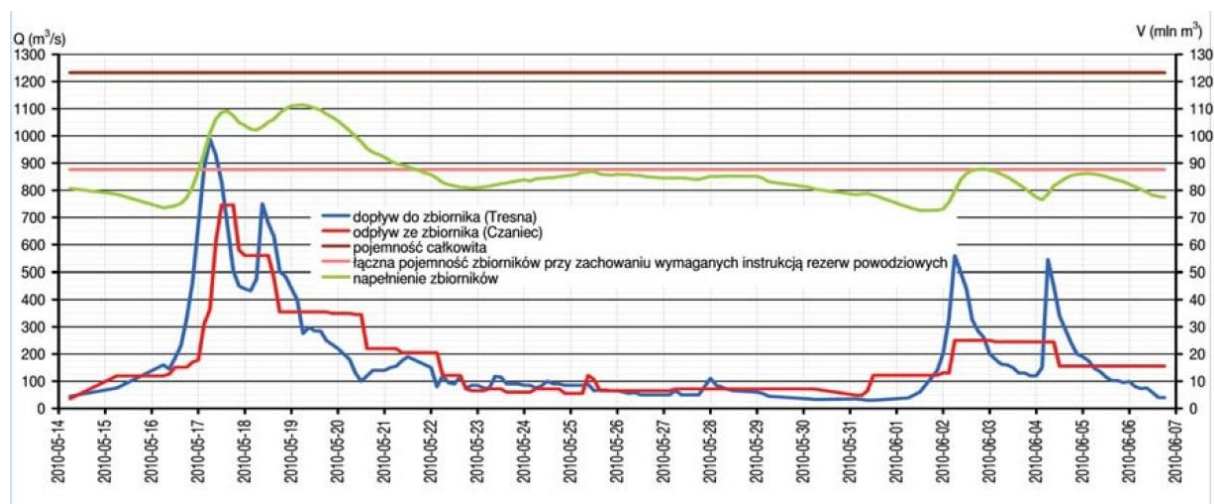
Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Príkladom je Kaskáda Soły v okresoch Bielsko a Żywiec, ktorú tvoria 3 nádrže: Tresna, Porąbka a Czaniec. Povodňovú rezervu majú Tresna a Porąbka, zatiaľ čo Czaniec plní úlohu vyrovnávacej nádrže. Pri povodni v roku 2010 sa vyskytli dve povodňové vlny v máji a júni.

Pred prvou vlnou sa zvýšila povodňová rezerva zvýšením odtoku z kaskády. 16. mája bol prítok do Tresnej 335 m³/s, spustila sa povodňová prevádzka. Prvá kulminácia nastala 17. mája o 6:00 s prítokom 988 m³/s, druhá 18. mája o 9:00 s prítokom 750 m³/s. Počas povodňovej prevádzky sa odtok zvýšil na 746 m³/s, po druhej kulminácii sa znížil na 560 m³/s. Rezerva bola postupne obnovená a 22. mája sa odtok vrátil na normálnu úroveň 60 m³/s.

Silné zrážky začiatkom júna 2010 zvýšili prítok do Tresnej na 140 m³/s (1.6.2010), kulminácia dosiahla 559 m³/s 2.6.2010. Odtok z Czańca sa udržiaval od 31.5. na 120 m³/s a od 2.6. sa zvýšil na 250 m³/s až do 4.6. Po kulminácii 2.6. prítok do Tresnej začal klesať. Ďalšie zrážky 3.-4.6. zvýšili prítok na 545 m³/s. Predpoklad rýchleho ukončenia zrážok umožnil udržať odtok z Czańca na 250 m³/s. Následne sa odtok znížil na 155 m³/s. Povodňové rezervy kaskády Soły boli úplne obnovené 5.6.2010.

Riadenie prevádzky nádrží znížilo kulminácie povodní, pričom predĺžilo ich trvanie, čo je znázornené na obrázku Rycina 28.



Obrázok 28. Graf znázorňujúci prevádzku nádrží kaskády Soły v dňoch 14. mája – 7. júna 2010 (Dorzecze Wisły: monografia powodzi maj - czerwiec 2010).

Vplyv vodných nádrží na zmiernenie účinkov extrémnych povodňových udalostí je účinný len pri zachovaní dostatočne veľkej povodňovej rezervy v nádržiach, čo je pri ich viacúčelovosti často

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

ťažké dosiahnuť (napr. pre energetické účely je potrebné udržiavať vysokú hladinu zadrživanej vody). Pri nedostatočnej rezerve môže byť protipovodňový efekt ich prevádzky neuspokojivý. Dochádza k príliš malému zmierneniu kulminácie povodňovej vlny (odtok je nižší, ale stále príliš vysoký), a prudké vypúšťanie vody z priehrady, ktoré má zabrániť jej poškodeniu, zvyšuje intenzitu erózy procesov v koryte rieky pod nádržami.

Predĺženie trvania príliš vysokých odtokov (nad bezpečný prietok) spôsobuje, že dlhodobé vysoké hladiny v koryte prispievajú k poškodeniu hydrotechnickej infraštruktúry, vrátane poškodenia protipovodňových hrádzí (napr. premokrenie a strata tesnosti hrádzí) a erózie dna a brehov (zničenie vodných stupňov, podrezanie ochranných hrádzí).

V prípade kaskády Soły, v dôsledku povodne v roku 1997, erózia vyžiadala výstavbu ďalších dvoch betónových stupňov priamo pod poslednou priehradou – v Czańcu.

V oblasti podpory sa nachádzajú aj ďalšie vodné nádrže plniace protipovodňovú funkciu, napríklad:

- Zbiornik Goczałkowicki na Wiśle (okres Pszczyna)
- Zbiornik Świnna Poręba na Skawie (okres Wadowice)
- Zbiornik Dobczycki na Rabie (okres Myślenice)
- Zbiornik Czorszyński na Dunajci (okres Nowy Targ)
- Zbiornik Rożnowski na Dunajci (okres Nowy Sącz)
- Zbiornik Klimkowski (Klimkówka) na Ropie (okres Gorlice)
- Solina na Sanie (okres Lesko)

Na slovenskej strane oblasti podpory sa tiež uplatňuje táto metóda ochrany pred povodňami. Najväčšie priehradové retenčné nádrže sú:

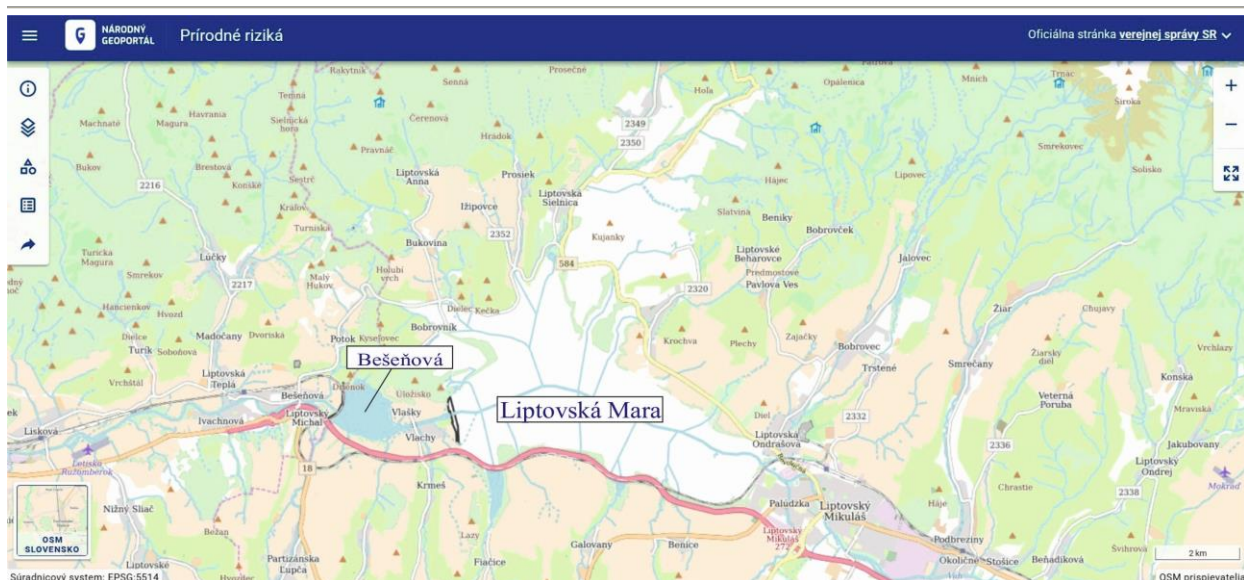
- Zbiornik Orawski na Orawě s malou vyrovnávacou nádržou Tvrdošín (Žilinský kraj)
- Liptovská Mara na Váhu s malou vyrovnávacou nádržou Bešeňová (Žilinský kraj)

Systém hospodárenia s vodou Liptovská Mara – Bešeňová, ktorý funguje takmer 50 rokov, efektívne plní všetky stanovené ciele (Bednárová E. et al., 2021). Nachádza sa v severnej časti stredného Slovenska, v hornom úseku rieky Váh, bol vybudovaný v rokoch 1967–1975 a patrí medzi kľúčové hydrotechnické stavby krajiny. Jeho hlavné úlohy sú: výroba elektrickej energie počas špičiek, kontrola povodní a regulácia prietokov Váhu.

Obe hydrotechnické stavby maximálne využívajú energetický potenciál riek, efektívne znižujú prietoky počas povodní a minimalizujú riziko škôd spôsobených povodňami. Vplyv prevádzky na prietok pod priehradou sa dá znázorniť pomocou pravdepodobnostnej krivky prítoku do nádrží (Q_p) a odtoku do koryta rieky pod priehradou (Q_o) (Lukáč et al., 1991).

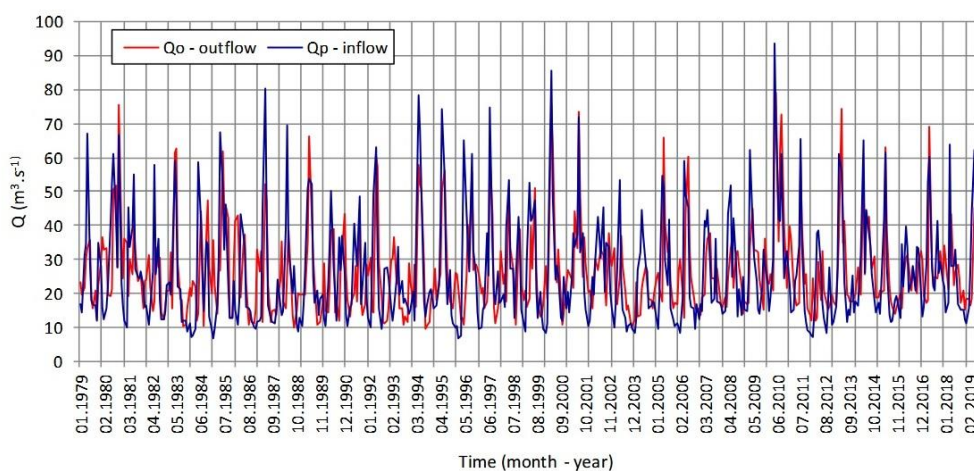
Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 29. Poloha systému nádrží Liptovská Mara a Bešeňová (<https://geoportal.gov.sk>)

Obrázok 30 znázorňuje priemerné mesačné prietoky počas zimných mesiacov (I–II), jarných mesiacov (IV–V), letných mesiacov (VII, VIII) a jesenných mesiacov (XI–XII). Analýza priemerného mesačného prietoku ukazuje, že prevádzka systému hospodárenia s vodou redistribuuje prietoky v priebehu roka (Bednárová E. et al., 2021), čo má zásadný význam pre obmedzenie účinkov veľkých povodní na Váhu pre oblasti nachádzajúce sa pod zónou nádrží.



Obrázok 30. Graf znázorňujúci priemerný mesačný prítok do nádrže Liptovská Mara a odtok do koryta rieky pod priehradou Bešeňová v rokoch 1979–2019 (Bednárová E. et al., 2021).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

IV. Povodňový monitoring (meteorologický a hydrologický)

A. Technický popis metódy a teoretické predpoklady

Povodňový monitoring je systém varovania pred povodňami, ktorý využíva meteorologický a hydrologický monitoring. Spočíva v systematickom a kontinuálnom získavaní a analýze informácií o zrážkach a hladinách vody v riekach s cieľom predpovedať výskyt extrémnych hydrologických javov. Umožňuje presné rozhodovanie v krízových situáciách, vrátane ochrany zdravia a života ľudí a ochrany ich majetku. Pomáha varovať pred povodňovým rizikom, čo má význam pre zmiernenie účinkov veľkých vodných vlín.

Obzvlášť nebezpečné sú bleskové povodne (tzv. flash floods) spôsobené intenzívnymi dažďami. Pri ich detekcii sa využívajú predovšetkým satelity, radary a zrážkomery.

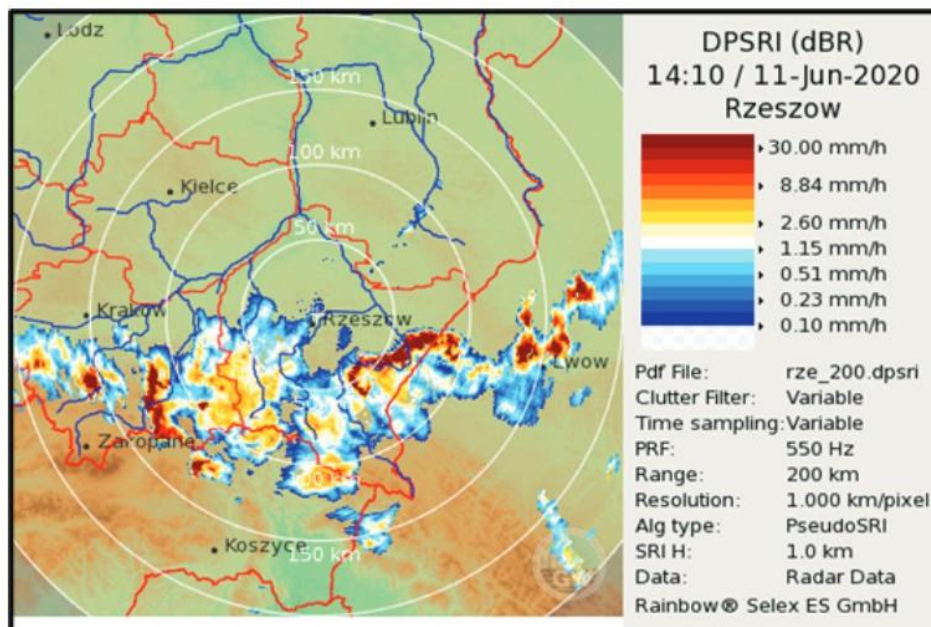
Meteorologické radary sú pokročilé prístroje používané na atmosférický výskum, ktoré umožňujú detekciu, sledovanie a analýzu zrážok a ďalších poveternostných javov. Fungujú na princípe vysielania rádiových vlín a analýzy ich odrazu od častíc, ako sú kvapky vody alebo ľadové kryštálky v atmosfére.

Anténa radaru vysiela lúč rádiových vlín smerom do atmosféry, ktoré sa šíria vzduchom vysokou rýchlosťou. Keď narazia na objekty, ako sú dažďové kvapky, sneh, krúpy alebo prach, časť týchto vlín sa odrazí späť k radaru. Intenzita odrazu závisí od veľkosti, druhu a hustoty častíc. Radar analyzuje čas, ktorý vlnám trvá, kým sa vrátia k zdroju, čo umožňuje určiť vzdialenosť k zdroju zrážok. Zmeny vo frekvencii odrazeného signálu (Dopplerov efekt) umožňujú určiť rýchlosť a smer pohybu častíc. Dáta zozbierané radarom sa prevádzajú do vizualizácií, ktoré zobrazujú intenzitu a polohu zrážok na farebných mapách. Vďaka týmto obrazom môžu výskumníci sledovať prichádzajúce búrky, atmosférické fronty či dažďové zrážky a včas varovať ľudí pred nebezpečnými poveternostnými podmienkami (<https://meteo.org.pl/radar-opadow-polska>).

V súčasnosti v Poľsku funguje osem meteorologických radarov tvoriacich novú sieť POLRAD, ktorú spravuje Ústav meteorológie a hospodárstva s vodou – PIB (Obrázok 31). Skenovanie atmosféry vlnou s dvojitou polarizáciou poskytuje množstvo radarových dát, ktoré presne opisujú detegované meteorologické objekty, vrátane veľkosti mrakových a zrážkových častíc (Dzwonkowski et al., 2023).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 31. Intenzita zrážok (DPSRI) 11. júna 2020 o 14:10 UTC z radaru v Rzeszów-Jasionke (Dzwonkowski et al., 2023).

Zrážkomery sú najpresnejšie prístroje na meranie výšky zrážok v milimetroch. V súčasnosti ide často o automatické zrážkomery vybavené senzormi, ktoré detegujú prítomnosť a množstvo zrážok. Často sú tieto zrážkomery integrované s dátovými záznamníkmi alebo telemetrickými systémami, čo umožňuje efektívne sledovanie a prenos zozbieraných informácií.

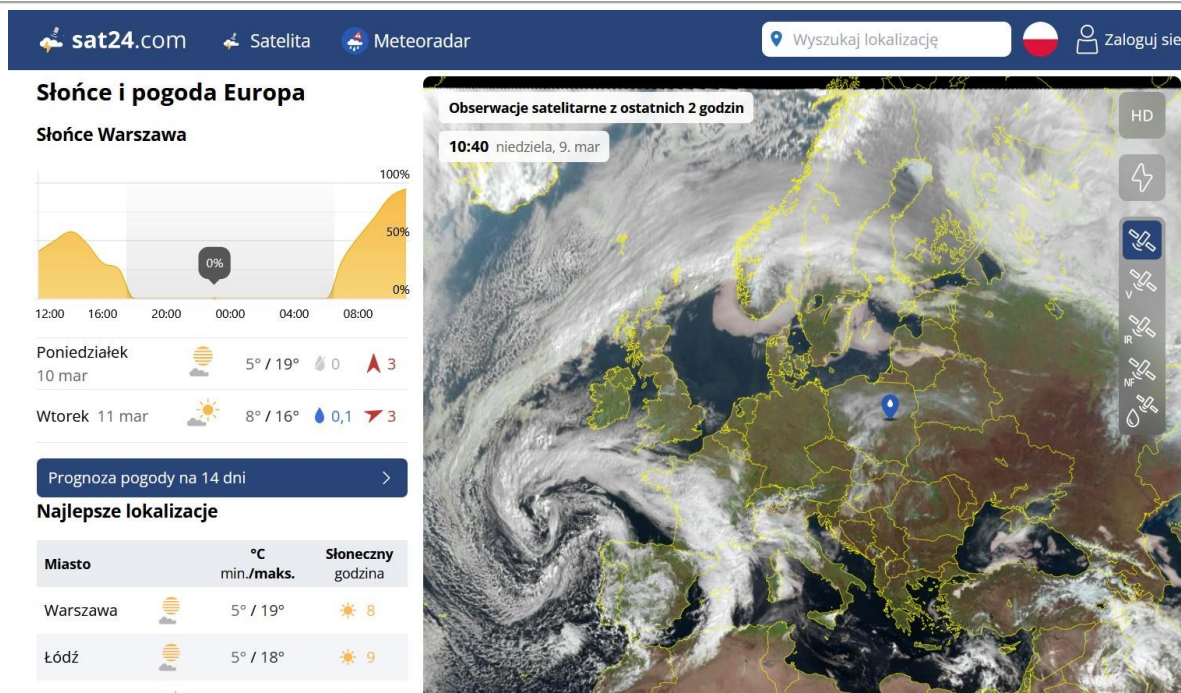
Meteorologické satelity zohrávajú od začiatku kľúčovú úlohu v pozorovacom a meracom systéme pre meteorológiu a hydrológiu. S rozvojom technológií senzorov na satelitoch sa neustále zlepšujú metódy prijímania, spracovania, distribúcie a interpretácie dát zo satelitov (Obrázok 32).

Meteorologické satelity sa delia na dve hlavné kategórie: polárne obiehajúce a geostacionárne satelity. Každý z týchto systémov má svoje špecifické vlastnosti a generuje rôzne typy dát. Polárne satelity, pohybujúce sa po dráhach sever-juh, sledujú rovnaký bod na Zemi dvakrát denne – raz cez deň a raz v noci. Poskytujú snímky a sondovania atmosféry týkajúce sa teploty a vlhkosti po celej planéte.

Geostacionárne satelity sa nachádzajú na orbite približne 36 000 km nad rovníkom, rotujú s rovnakou rýchlosťou ako Zem a neustále sa zameriavajú na rovnakú oblasť. Vďaka tomu môže satelit snímať Zem na rovnakom mieste približne každých 30 minút (<https://www-weather.gov>) (Obrázky 33, 34).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



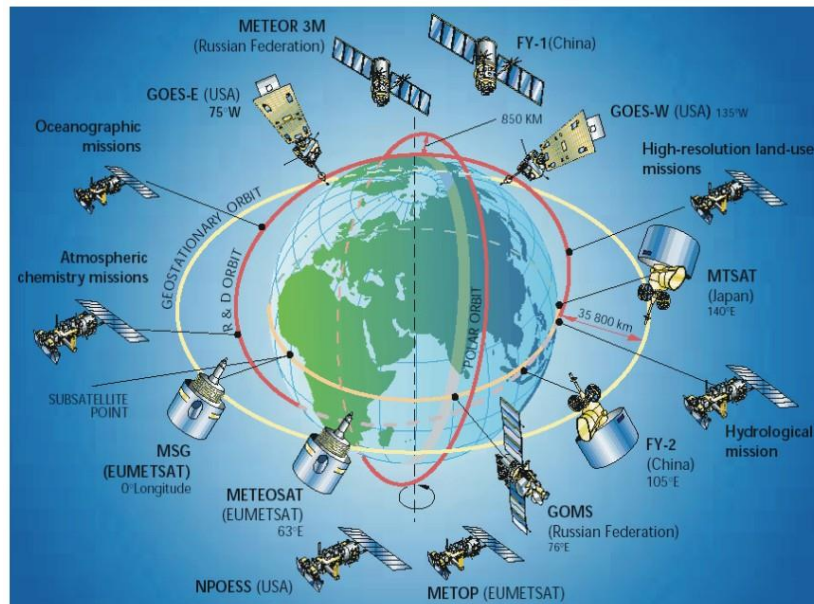
Obrázok 32. Príklad satelitného snímku zobrazujúceho vrstvu oblačnosti nad Európou (<https://www.sat24.com/pl-pl>).

Veľkú databázu satelitných údajov využívaných v meteorologickom modelovaní spravuje americká NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), ktorá poskytuje prístup k globálnym environmentálnym dátam zo satelitov.

V Európe pôsobí Európska organizácia pre využívanie meteorologických satelitov (EUMETSAT), založená v roku 1986 s cieľom zabezpečiť kontinuitu fungovania satelitného pozorovacieho systému pre meteorológiu a klimatológiu krajín Európy (<https://polsa.gov.pl/aktywnosci/badania-i-innowacje/eumetsat>).

Polska – Słowacja

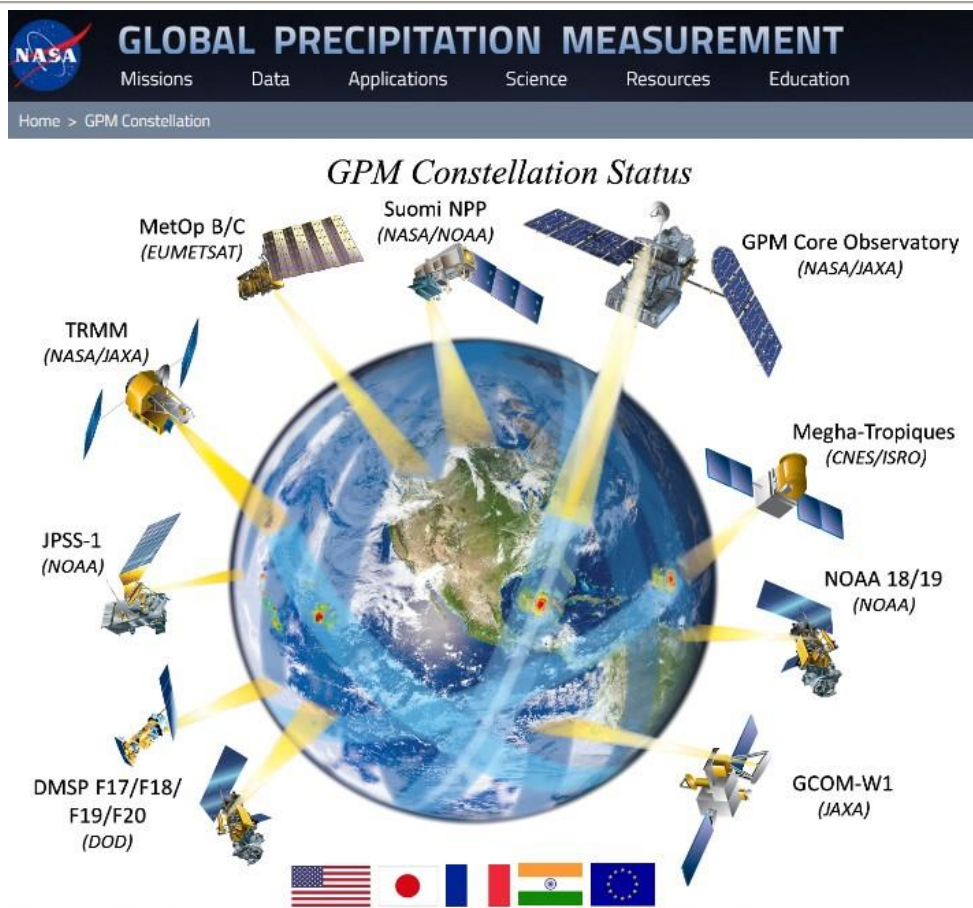
Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 33. Globálny systém meteorologických satelitov (Struzik P., 2008).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



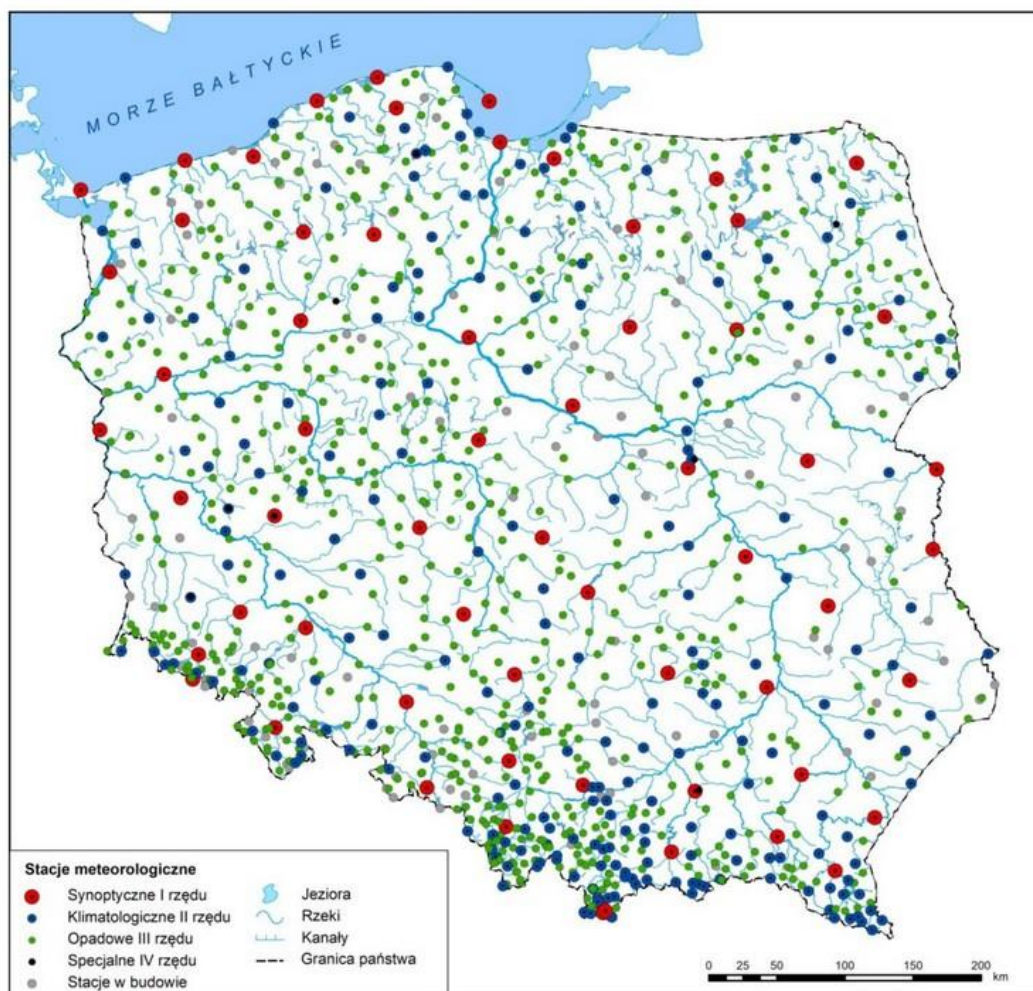
Obrázok 34. Ilustrácia zobrazujúca početné satelity merajúce zrážky, ktoré sú súčasťou konštelácie GPM (Global Precipitation Measurement) (<https://gpm.nasa.gov/image-gallery/gpm-constellation>, prístup december 2024).

Meteorologický monitoring v Poľsku zabezpečuje Inštitút Meteorologiii i Gospodarki Wodnej – Inštitút Badawczy. K novembru 2024 sieť meteorologických meracích a pozorovacích staníc IMGW-PIB pozostávala z 981 staníc, vrátane 63 synoptických, 220 klimatologických, 690 zrážkomerných a 8 špeciálnych staníc (Obrázok 35). Sieť je postupne rozširovaná a modernizovaná v rámci projektu ochrany pred povodňami v povodí Odry a Wisly (POPDOW). Do roku 2025 bude IMGW-PIB disponovať viac ako tisíc stanicami, pričom približne 70 % z nich bude vybavených automatickými meracími zariadeniami a telemetrickým systémom prenosu dát (<https://imgw.pl>).

Z hľadiska ochrany pred povodňami sú kľúčovými prvkami hydrologického monitoringu trvalé pozorovania stavov a prietokov vôd, najmä na vodomernej stanici.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

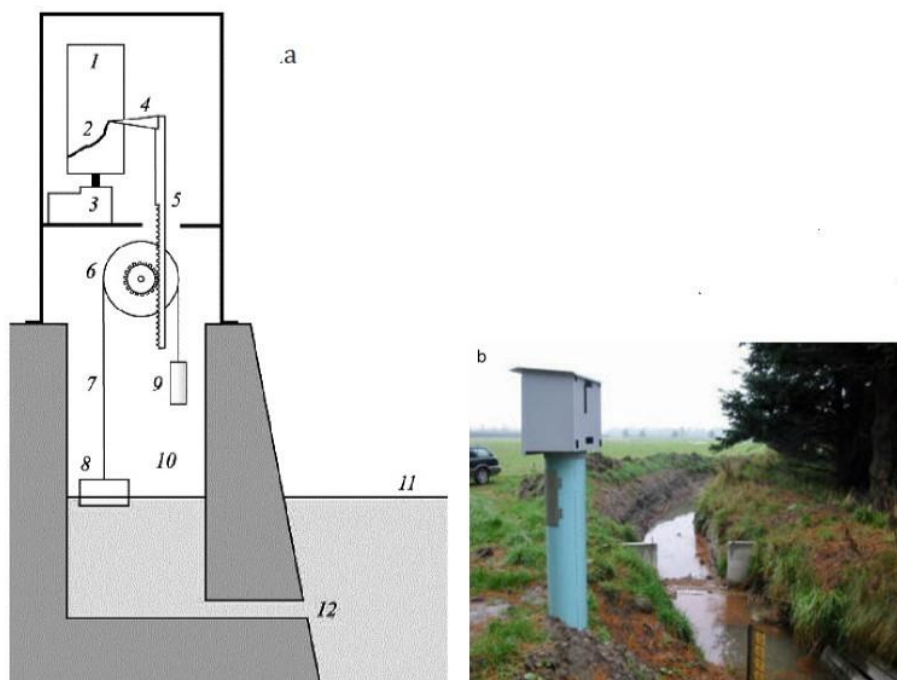


Obrázok 35. Meteorologická meracia a pozorovacia sieť IMGW-PIB (<https://imgw.pl/strona-glowna/osrodki-i-stacje>).

Stav vody informuje o zvýšení hladiny nad konvenčne prijatú úroveň nazývanú „nula vodomeru“. V Poľsku je sieť vodomerov referenčne viazaná na hladinu mora v Kronštadte (Rusko). Na základe dlhodobých meraní je možné určiť charakteristické rozloženie stavov vody pre konkrétnu rieku na danom mieste. Určujú sa nasledujúce zóny stavov vody: nízke, priemerné, vysoké, varovný stav, alarmový stav. Merania sa vykonávajú pomocou vodomernej laty alebo sa zaznamenávajú rôznymi zariadeniami, napríklad limnigrafmi (Obrázok 36).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Rysunek 36. Schéma činnosti limnigrafu:

a – mechanické a konštrukčné prvky: 1 – bubon, 2 – záznam, 3 – hodinový mechanizmus, 4 – plavák s perom, 5 – ozubená tyč, 6 – ozubené koleso, 7 – drôt, 8 – plavák, 9 – závažie, 10 – meracia studňa, 11 – hladina vody, 12 – spojovacia rúrka s malým prierezom;

b – príklad limnigrafu nainštalovaného pri stavidle na melioračnom kanáli (Kaca, Kubrak 2020).

Prúd vody (prietok) je množstvo vody pretekajúce cez priečny prierez koryta za jednotku času, vyjadrené v m³/s alebo l/s. Meranie prietokov v otvorených korytách sa vykonáva metódami:

- **Priame:** objemová, fyzikálna, chemická.
- **Nepriame:** bodové (napr. pomocou hydrometrického mlynčeka), úsekové (napr. s použitím plavákov).

Najčastejšie používanou metódou je meranie pomocou **hydrometrického mlynčeka**. V posledných rokoch sa stále častejšie používajú moderné technológie:

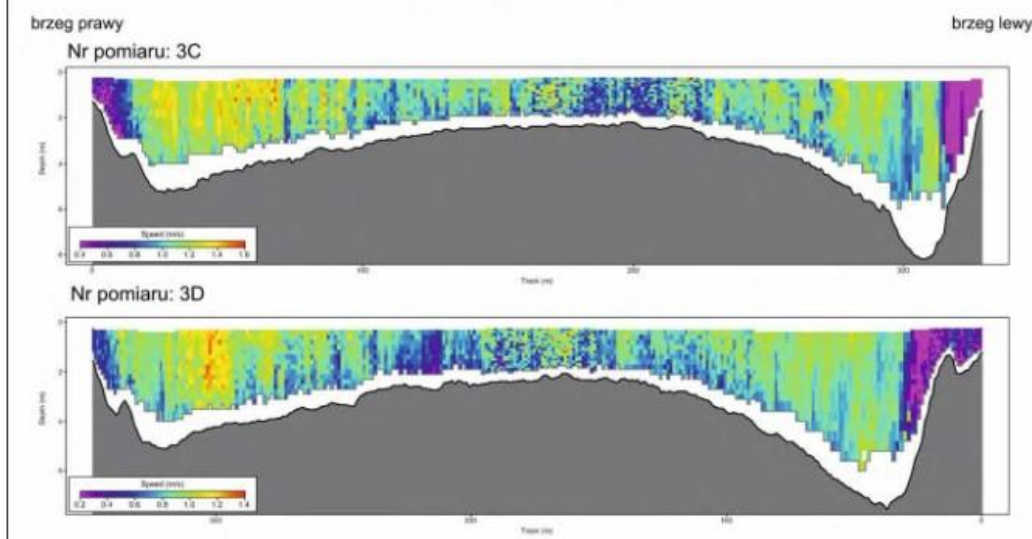
- **Akustické** – akustické prietokomery (Rysunek 37),
- **Elektromagnetické** – elektromagnetické prietokomery (Absalon a kol., 2015; Wójcik a Wdowikowski, 2014).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Nazwa przekroju: FORDON



Rysunek 37. Mierzenia prętku na riece Wisla hydroakustickou metódou. Na hornej fotografii priebeh merania, nižšie graf rozdelenia rýchlosti vody v skúmanom priereze (Absalon, 2018).

Hydrologický monitoring v Poľsku tiež zabezpečuje **Inštitút meteorológie a vodného hospodárstva – Výskumný ústav**. V novembri 2024 pozostávala meracia a pozorovacia sieť z **905 staníc**, vrátane:

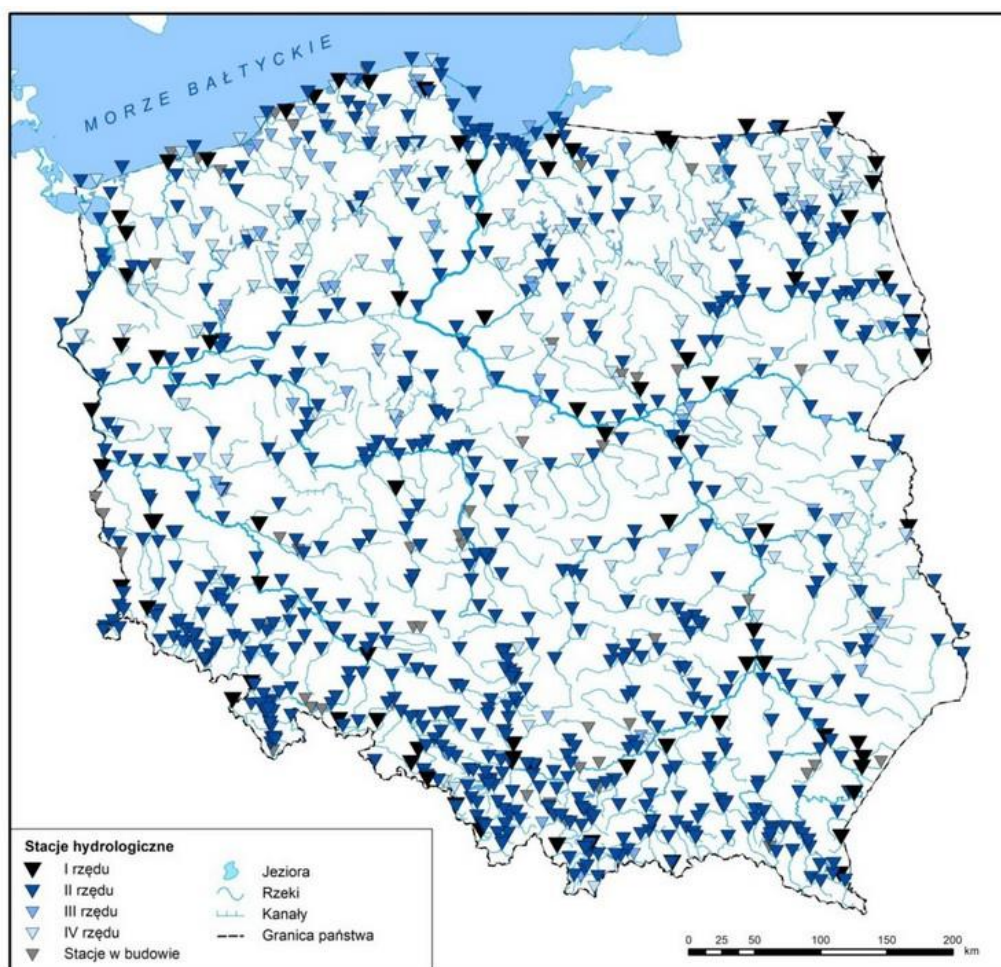
- 82 staníc udržiavaných na účely výpočtu vodnej bilancie Poľska,
- 634 automatických staníc s nepretržitým prenosom dát,
- 73 automatických staníc bez nepretržitého prenosu,

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

- 116 staníc, kde sa merania vykonávajú výlučne manuálne pozorovateľom (Rysunek 38).

V roku 2025 sa sieť rozšíri a zmodernizuje, pričom bude mať **950 staníc**, z ktorých približne **92 % bude vybavených automatickými meracími zariadeniami a telemetrickým systémom prenosu dát** (<https://imgw.pl>).



Obrázok 38. Hydrologická meracia a pozorovacia sieť IMGW-PIB (<https://imgw.pl/strona-glowna/osrodki-i-stacje>).

B. Popis výhod a nevýhod metódy

Neodškriepiteľnou výhodou monitorovania povodní je zhromažďovanie dát, ktoré umožňujú vytváranie aktuálnych a presných hydrologických predpovedí. Taktiež ovplyvňuje možnosť

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

predpovedania a modelovania budúcich povodní. Získavanie čoraz presnejších dát súvisí s rozvojom moderných meracích metód.

Rozvoj meracej techniky v oblasti získavania radarových dát vyžaduje aj zmeny v doteraz používaných výpočtových postupoch. Moderné radary s dvojitou polarizáciou elektromagnetického vlnového spektra, zavedené v posledných rokoch do siete POLRAD, poskytujú údaje o štruktúre oblačnosti, ktoré boli doteraz nedostupné (Dzwonkowski a kol., 2023). Kľúčové je vypracovanie metodiky spracovania získaných radarových dát, ktorá umožní získať kvalitatívny aj kvantitatívny opis oblačných zón s prebiehajúcimi zrážkami.

Problémom pri získavaní presných radarových dát sú rušenia, ktoré skresľujú tieto údaje, pochádzajúce napr. zo zariadení využívajúcich radarové frekvencie, vrátane vysieláčov pre bezdrôtový prenos dát (Internet). To si vyžaduje rozvoj stále lepších systémov filtrácie rušenia na zlepšenie kvality získaných dát (Tuszyńska, 2015).

Systém monitorovania povodní zahŕňa mnoho meracích staníc. Nutnosť prístupu k dátam v reálnom čase vyžaduje zmenu tradičného spôsobu získavania dát (napr. manuálne merania, zápisy pozorovateľa) na moderné zariadenia umožňujúce diaľkové čítanie a prenos dát (tzv. telemetrické senzory). Pri hustej meracej sieti, veľmi výhodnej z hľadiska kvality vytváraných meteorologických a hydrologických predpovedí, je ich inštalácia a následná kontrola prevádzky nákladná.

Veľkou výhodou zhromažďovaných dát je ich široká dostupnosť vďaka sprístupneniu prostredníctvom internetových stránok.

C. Hodnotenie využiteľnosti metódy

Táto metóda patrí medzi základné nástroje používané na zmiernenie následkov povodní. Výsledky národného monitorovania povodní sú dostupné a využívané samosprávnymi jednotkami po celom Poľsku a na Slovensku.

Monitorovanie povodní je veľmi dôležitá metóda, ktorá umožňuje zvýšiť bezpečnosť obyvateľov oblastí so zvýšeným rizikom povodní. Jeho cieľom je včasné varovanie pred hrozbou. Vďaka informovaniu/alarmovaniu príslušných služieb v obciach a okresoch je možné rýchlo zaviesť opatrenia na obmedzenie následkov povodňového stúpania. Dobré krízové riadenie umožňuje záchranným zložkám efektívnejšie plánovanie činností a optimálne rozmiestnenie záchranných prostriedkov.

Medzi základné povinnosti IMGW-PIB patrí zverejňovanie informácií o aktuálnej hydrologicko-meteorologickej situácii v Poľsku na internetovej stránke, vrátane hydrologických a meteorologických výstrah. Vydávajú sa oznámenia a varovania hydrologické a meteorologické. V týchto výstrahách sú uvedené informácie o type varovania, stupni hydrologického ohrozenia,

Polska – Słowacja

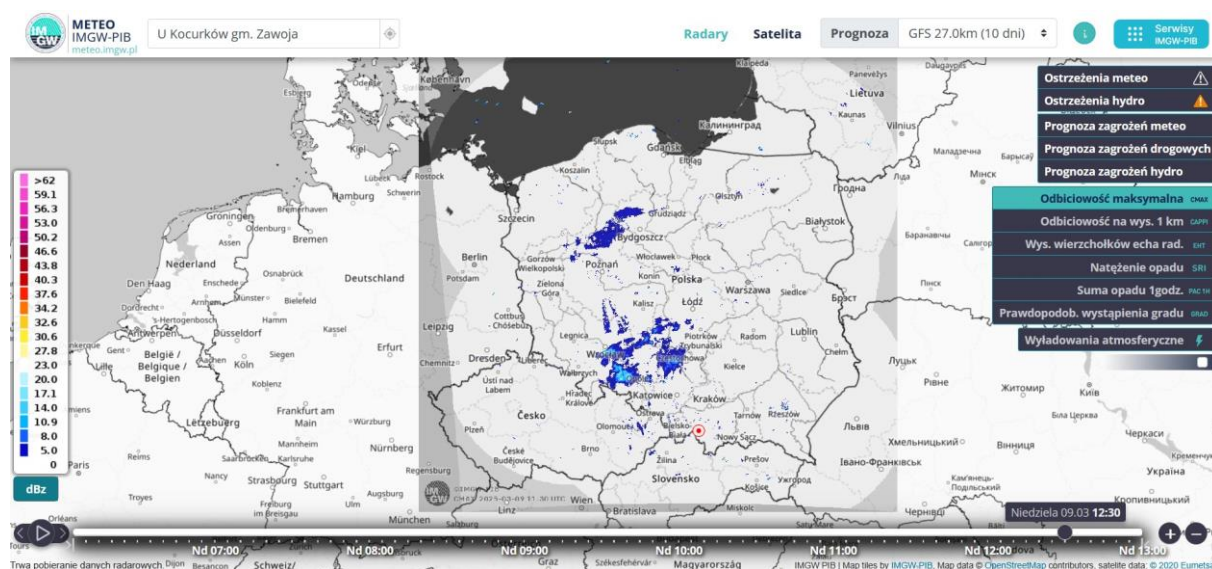
Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

predpokladaných javoch, čase výskytu nebezpečného javu, oblasti, priebehu a pravdepodobnosti výskytu javu. Hydrologické výstrahy sa tvoria pomocou špeciálneho softvéru a sú doručované príslušným príjemcom prostredníctvom distribučných systémov IMGW-PIB. Výstrahy sa publikujú na portáloch meteo.imgw.pl, hydro.imgw.pl, baltyk.imgw.pl (zdroj: IMGW-PIB).

Treba smerovať k rozvoju systému monitorovania povodní ako základu systémov včasného varovania pred hrozbami.

D. Príklady využitia metódy na prevenciu povodní v okresoch/obciach podporovaného územia

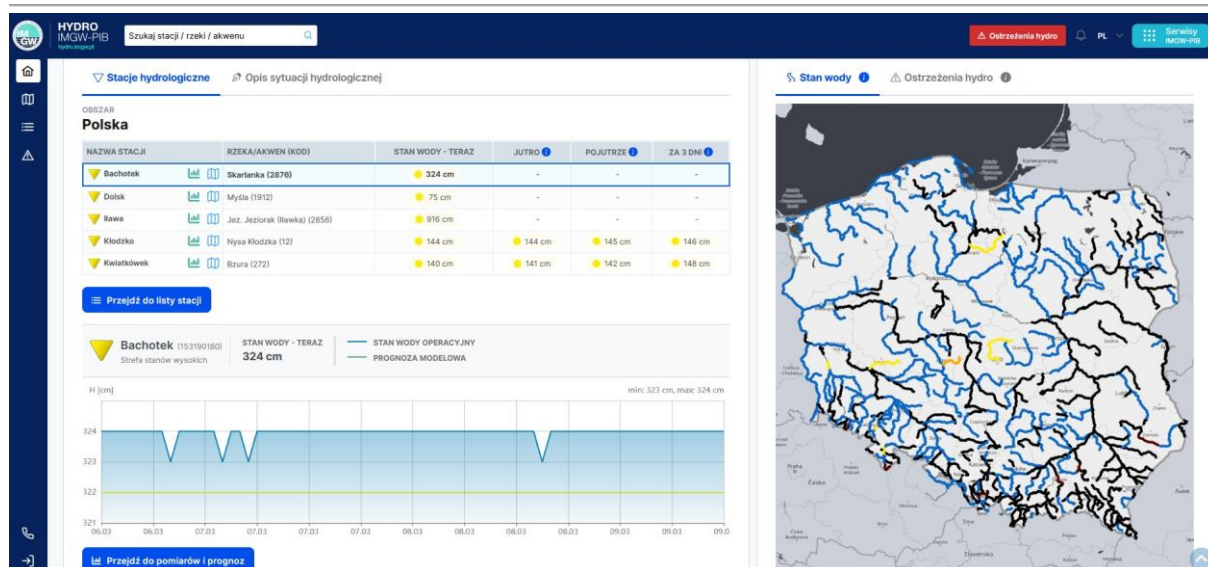
Obce a okresy v poľskej časti podporovaného územia projektu môžu využívať informácie o monitorovaní povodní z internetového portálu Inštitútu meteorológie a vodného hospodárstva, tj. **Hydro IMGW-PIB** (<https://hydro.imgw.pl>) a **Meteo IMGW-PIB** (<https://meteo.imgw.pl>). Príkladové obrázky generované z uvedených portálov sú uvedené na obrázkoch 39 a 40. Podobne národná hydrometeorologická služba (Slovenský hydrometeorologický ústav – SHMÚ) na území Slovenska zverejňuje na svojej webovej stránke údaje o zrážkach a hydrologickej situácii v povodiach nachádzajúcich sa aj v oblasti podpory projektu (Obrázok 41).



Obrázok 39. Monitorovanie zrážok – radarová mapa dostupná na portáli **Meteo IMGW-PIB**. Vrstva obsahuje aj informácie o meteorolog

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 40. Monitorovanie stavov vôd dostupné na portáli **Hydro IMGW-PIB**. Vrstva portálu obsahuje údaje o jednotlivých vodomeracích staniach a aktuálny stav vôd spolu s grafom jeho zmien. K dispozícii sú aj informácie o aktuálnych hydrologických hrozbách.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

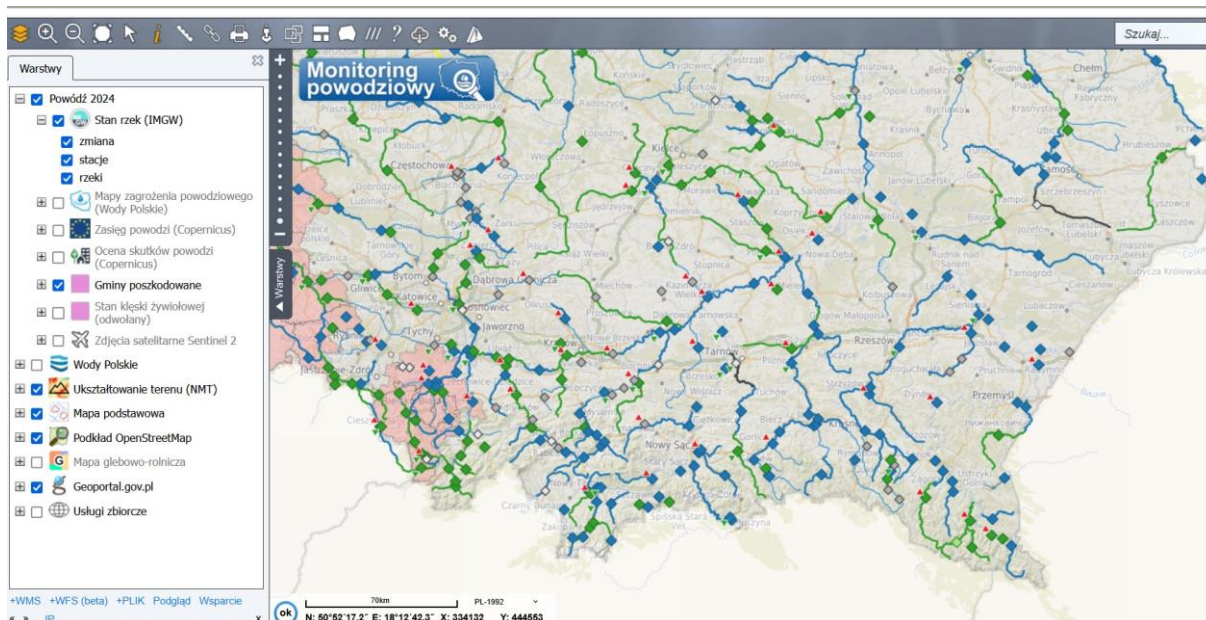
The screenshot displays the SHMU website interface. At the top, there is a navigation menu with options like 'O SHMÚ', 'Produkty SHMÚ', 'Projekty SHMÚ', and 'Kontakt'. A search bar is also present. Below the navigation, a yellow banner reads 'SHMÚ vydal meteorologické výstrahy - 1. stupeň'. Another yellow banner below it says 'Informácia o smogovej situácii'. The main content area is divided into several tabs: 'Meteorologické spravodajstvo', 'Hydrologické spravodajstvo', 'Spravodajstvo kvality ovzdušia', and 'Klimatologické spravodajstvo'. Under 'Hydrologické spravodajstvo', there are sub-tabs for 'Hydrologické spravodajstvo', 'Hydrologická situácia a vývoj', 'Vodomerne stanice', 'Zrážkomerné stanice', 'Monitoring sucha', 'Kvalita vôd', and 'CHVO'. The 'Monitoring sucha' sub-tab is active, showing options for 'Monitoring sucha na Slovensku', 'Meteorologické sucho', 'Hydrologické sucho', 'Podzemné vody a výskyt sucha', and 'Pôdne sucho'. The main heading is 'Hydrologické sucho'. Below it, there are filters for 'M-denné prietoky' and 'Mesačné prietoky'. The date is set to '20.11.2024' and the station is 'Hniezdne - Kamienka (8300)'. There are checkboxes for 'Zobrazíť rieky' (checked) and 'Zobrazíť povodia'. A text block explains that the M-dennosť (M-daily) is determined by comparing current values with long-term averages from 1961-2000. Below this, there is a map of the region with a hydrograph overlay for the 'Tok: Biela Orava' station 'Zákamenné (5795)'. The hydrograph shows data for 'Dátum: 20.11.2024' and 'M-dennosť: 180-270 denná'. A legend is visible in the top right of the map area.

Obrázok 41. Monitorovanie stavov vôd dostupné na portáli slovenskej hydrometeorologickej služby SHMÚ (<https://www.shmu.sk>). Po výbere konkrétnej vodomeracej stanice je možné zobrazíť hydrogram stavov vody pre daný deň.

Obce a okresy v oblasti podpory tiež využívajú informácie z monitorovania povodní dostupné na portáloch **e-mapa.net** (Obrázok 42). Zdrojom údajov, aktualizovaných každú hodinu, je databáza **IMGW-PIB**. Použitie tohto nástroja je obzvlášť cenné, keď kvôli vysokému počtu prístupov na stránku Inštitútu servery reagujú so oneskorením.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

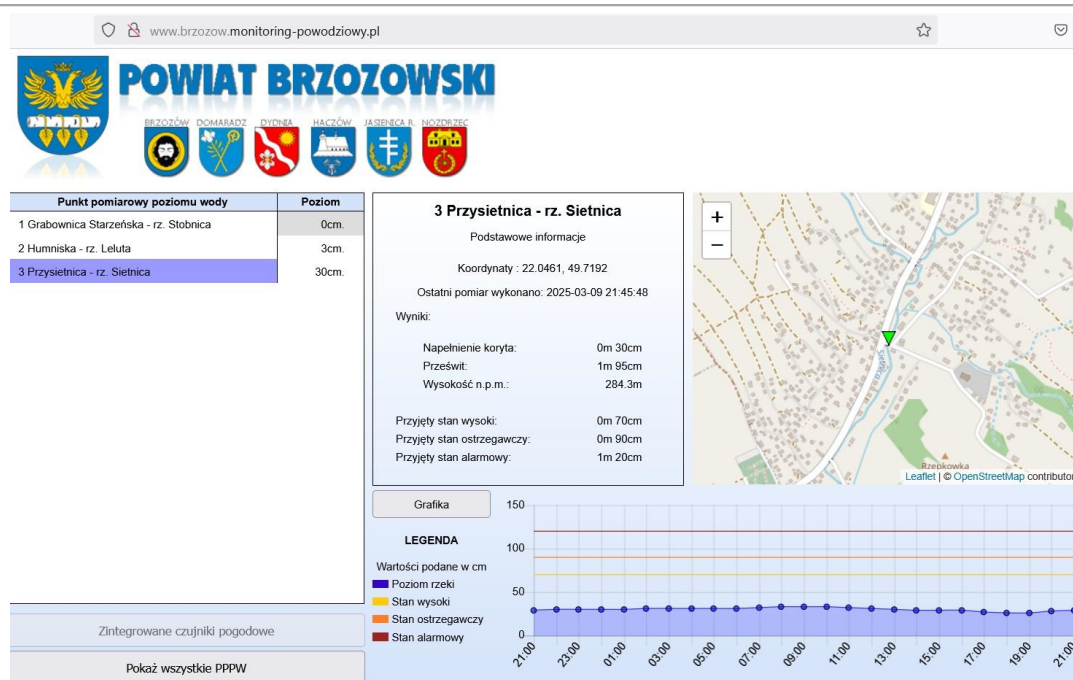


Obrázok 42. Monitorovanie povodní na základe údajov **IMGW-PIB** prezentované na stránke <https://powodz.e-mapa.net/>. Zobrazuje informácie o obciach, ktoré utrpeli počas povodní v roku 2024 (ružová farba).

Niektoré okresy sa rozhodli spustiť pre svojich obyvateľov lokálny systém monitorovania povodní, financovaný z ich rozpočtov alebo s podporou iných inštitúcií. Príkladom môže byť okres **Brzozów** (www.brzozow.monitoring-powodziowy.pl) (Obrázok 43).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

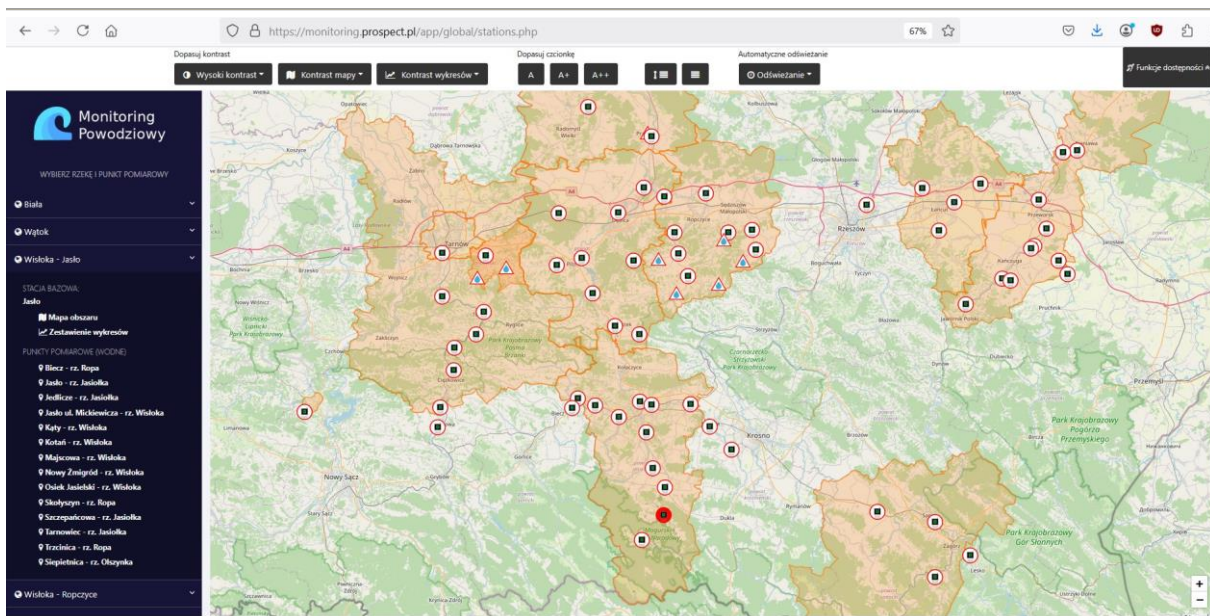


Obrázok 43. Stránka okresu **Brzozów**, zobrazujúca aktuálne stavy vôd riek **Stobnica**, **Leluta** a **Sietnica**.

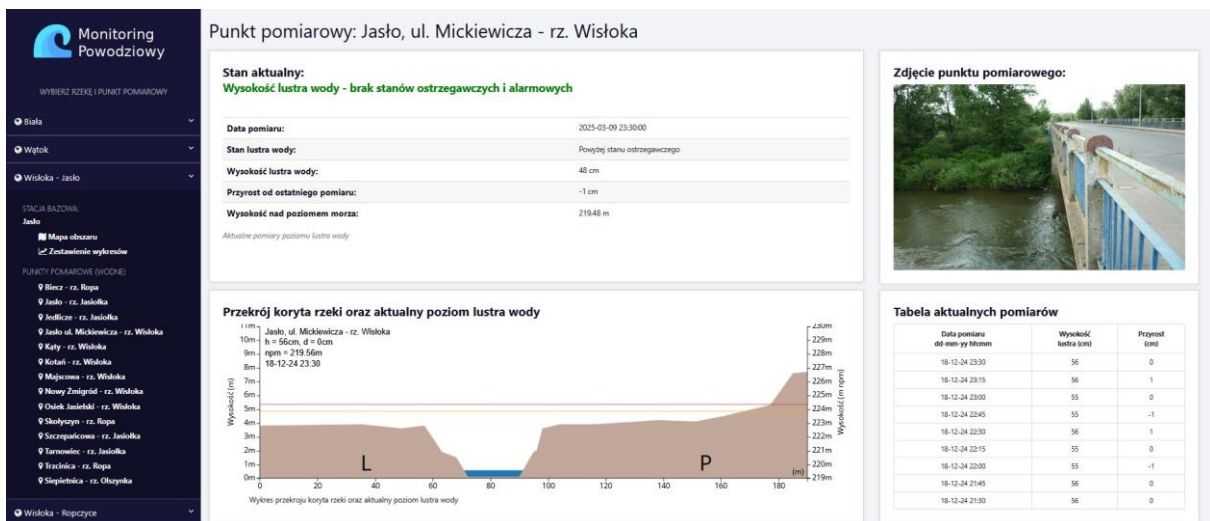
Niektoré okresy využívajú systém monitorovania povodní poskytovaný spoločnosťou **RWD PROSPECT** z **Tarnova** (<https://monitoring.prospect.pl>). Tento systém už zahŕňa 110 meracích staníc hladiny vody a zrážok. Monitorované sú napríklad oblasti okresov **Sanok**, **Jasło** a **Przeworsk** (Obrázok 44, 45).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 44. Rozmiestnenie meracích staníc systému monitorovania povodní vo vybraných okresoch (<https://monitoring.prospect.pl>).

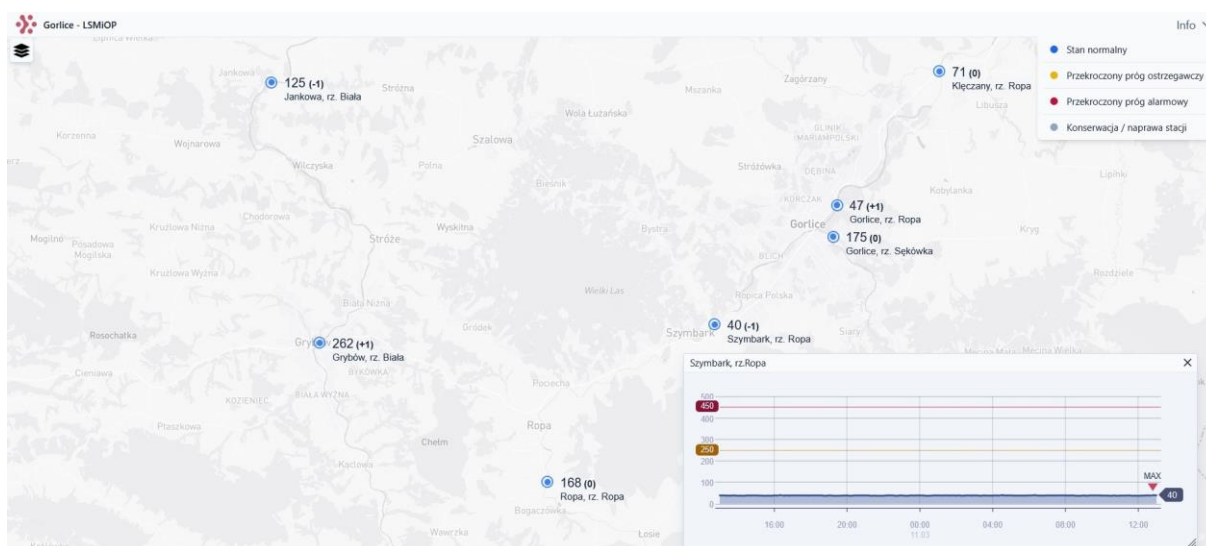


Obrázok 45. Príklad prezentácie údajov v systéme monitorovania povodní (<https://monitoring.prospect.pl>). Po kliknutí na vybranú meraciu stanicu sa zobrazia: stav vody, profil koryta rieky, fotografia meracieho miesta, denný graf histórie meraní v čase a predpoveď. K dispozícii je aj prehľad historických meraní.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Z miestneho systému monitorovania povodní využíva údaje aj okres Gorlice. Je dostupný na stránke <http://m-monitoring.com/gorlice/>, prevádzkovanvej spoločnosťou MARIKO Smart Solutions. Systém zobrazuje aktuálny stav vôd spolu s informáciou o jeho posledných zmenách a zobrazuje hydrogram, na ktorom sú vyznačené hladiny varovného a alarmového stavu pre daný vodomer (Obrázok 46). Systém využíva telemetrické meracie stanice sledujúce hladinu vôd v reálnom čase.



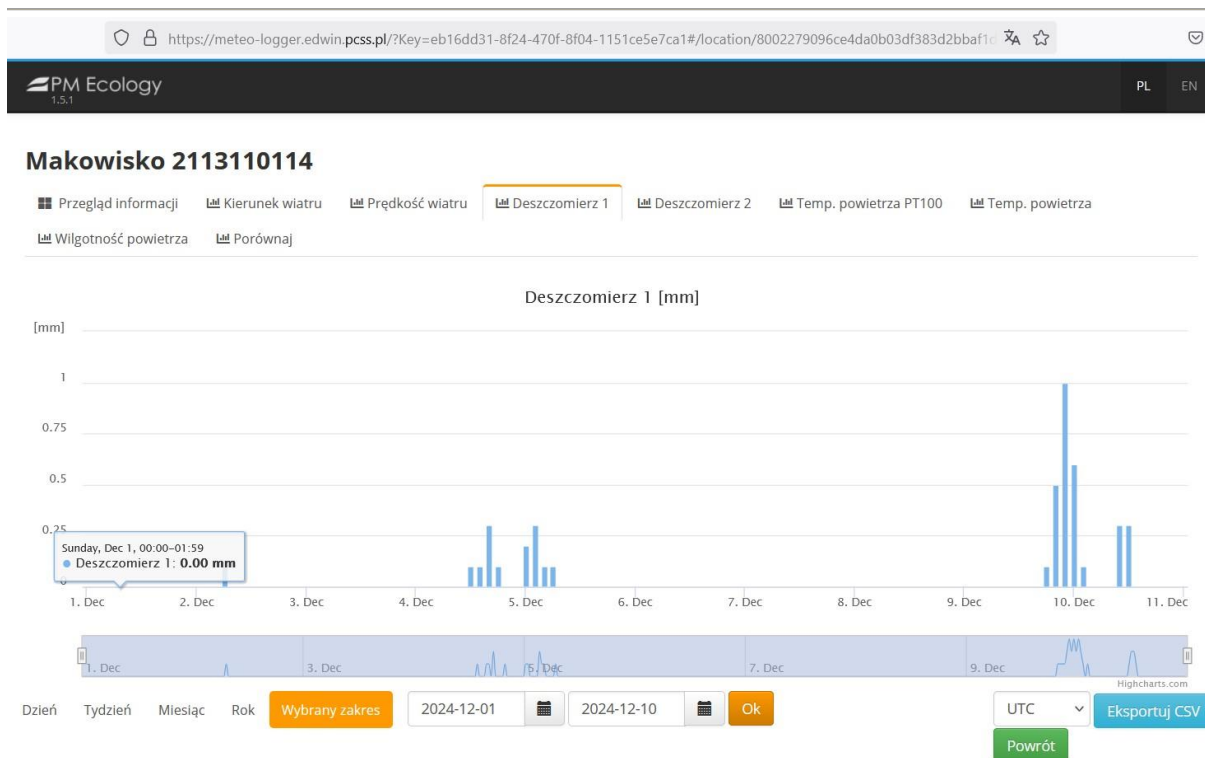
Obrázok 46. Stránka monitoringu povodní LSMiOP okresu Gorlice (<http://m-monitoring.com/gorlice/>).

V oblasti podpory sú k dispozícii aj výsledky realizovaných projektov, ktoré obsahujú okrem iného údaje o zrážkach. Napríklad v rámci projektu „Internetová platforma poradenstva a podpory rozhodovania v integrované ochrane rastlín“ (eDWIN) boli sprístupnené údaje zo staníc meteorologických namontovaných na území Prešovského kraja (vojvodstvo Podkarpacie). Tieto stanice predstavujú presné nástroje na priebežné merania meteorologických parametrov. Každá stanica je vybavená súpravou senzorov, ktoré merajú teplotu a vlhkosť vzduchu, zaznamenávajú množstvo zrážok a smer a rýchlosť vetra. Získané údaje sú prenášané prostredníctvom technológie GSM a sprístupnené cez internetový prehliadač (<https://podrb.pl/edwin/lokalizacja-stacji-meteorologicznych-na-podkarpaciu>).

K dispozícii sú údaje o zrážkach zo staníc meteorologických v 20 okresoch vojvodstva Podkarpacie, pričom značná časť sa nachádza v oblasti podpory projektu (Obrázok 47).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Obrázok 47. Zrážky zo meteorologickej stanice Makowiska, okres Jarosław (<https://meteo-logger.edwin.pcss.pl>).

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., Poárová 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. Walczykiewicza. IMGW-PIB, Warszawa 2011

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

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.

Łapuszek M, Witkowska H., 2006. Wpływ zwiększenia rozstawu wałów na poprawę warunków ekologicznych oraz ochronę przeciwpowodziową. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 4/2/2006, PAN, Oddział w Krakowie, 89–98

Struzik P., 2008. Satelity meteorologiczne od 40 lat w służbie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Nauka 4/2008, 35-42

Tuszyńska I., 2015. Rozwój meteorologii radarowej w Polsce. Seria publikacji naukowo-badawczych IMGW-PIB. Wydawnictwo IMGW-PIB, Warszawa, 1-215

Wawręty R. (red.), 2006. Zapory a powódzie. Raport Towarzystwa na Rzecz Ziemi i Polskiej Zielonej Sieci, Oświęcim – Kraków.

Witkowski K., 2015. Ewolucja koryta dolnej Skawy w świetle zabudowy hydrotechnicznej. Acta Sci. Pol. Formatio Circumietus 14 (1) 2015, 213–221

Witkowski K., Wyszomłek G., 2013. Wpływ regulacji Skawy na rozwój form korytowych. Landform Analysis 30: 21–27

Wójcik K., Wdowikowski M., 2014. Współczesne metody instrumentalnego pomiaru prędkości przepływu wody w korytach otwartych [w:] Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, praca zbiorowa pod red. T. M. Traczewskiej i B. Kaźmierczaka, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 978-993



Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Wyźga B., Zawiejska J., Radecki-Pawlik A., Hajdukiewicz H., 2012. Environmental change, hydromorphological reference conditions and the restoration of Polish Carpathian rivers. *Earth Surface Processes and Landforms* 37, 1213-1226

Żelaziński, J., 2012. Rola Zbiornika Czorsztyńskiego na Dunajcu w ochronie przeciwpowodziowej w 1997r. *Pieniny – Przyroda i Człowiek* 12: 3–11