

Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

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

**POKYNY NA VYKONANIE HODNOTENIA RIZIKA POVODNÍ
POMOCOU MONITOROVACÍCH SYSTÉMOV
A VČASNÉHO VAROVANIA NA ZÁKLADE SIEŤOVÉHO SENSORA IoT
A UMELEJ INTELIGENCIE**

Technický popis analýzy rizika povodní pomocou monitorovacích a včasných varovných systémov založených na sieti senzorov IoT a umelej inteligencii

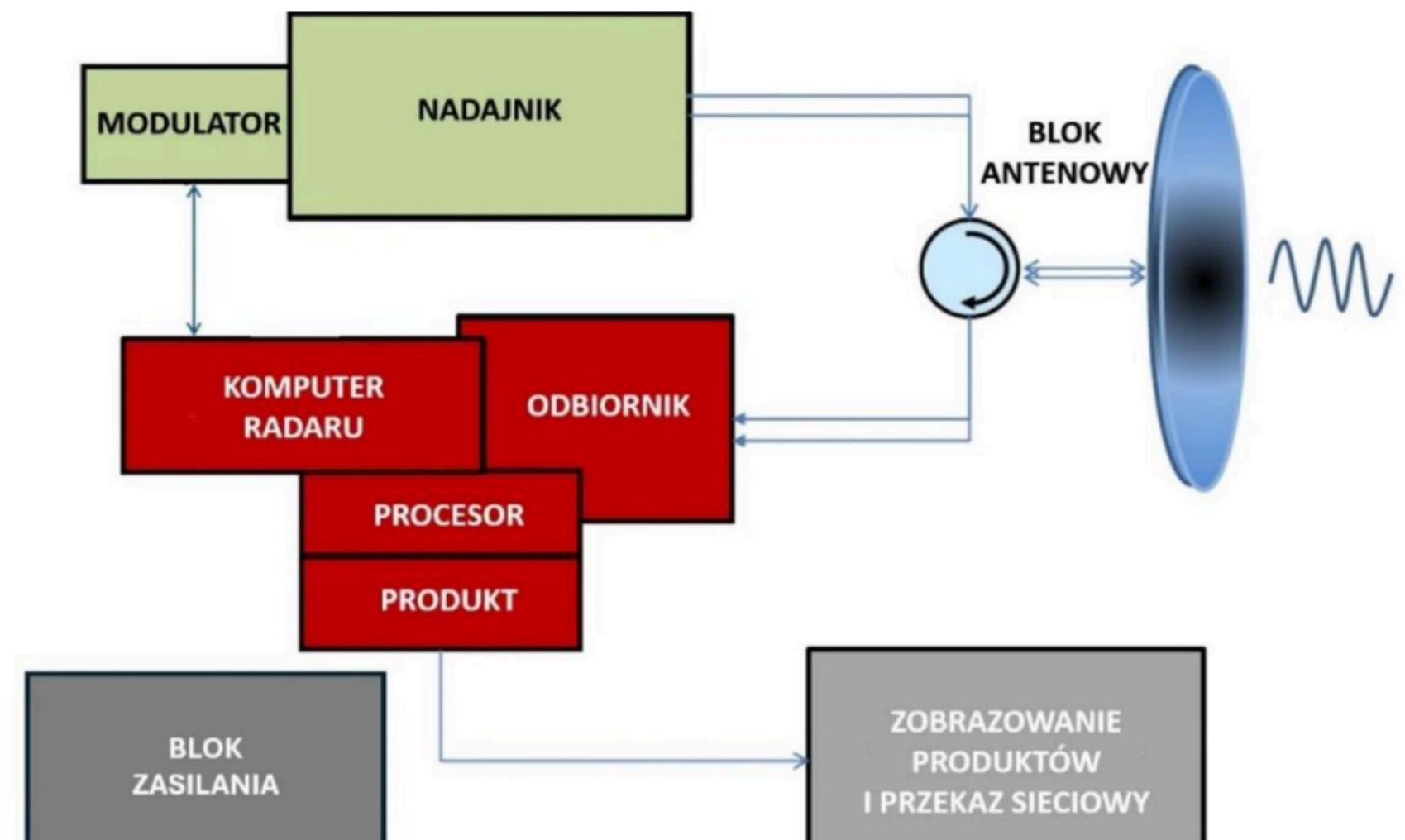
I. Pokyny na posudzovanie rizika povodní pomocou systému monitorovania a včasného varovania založeného na sieti senzorov IoT a umelej inteligencii

Krok 1.

System monitorovania by mal zohľadňovať najdôležitejšie rizikové oblasti, ako sú doliny riek, mosty a významné prvky infraštruktúry, čo umožňuje efektívne umiestnenie senzorov. Je tiež nevyhnutné definovať ciele, vrátane minimálneho času upozornenia (napr. prostredníctvom meteorologického radaru – Obr. 1) a typy hydrologických javov, ktoré by mali byť identifikované. Navrhnutý systém takto zvyšuje úroveň bezpečnosti občanov a podporuje rozhodovanie v krízových situáciách.

Obr. 1. Zjednodušený model meteorologického radaru.

Zdroj: Dyrzcz, C. Radary v službe meteorológie.

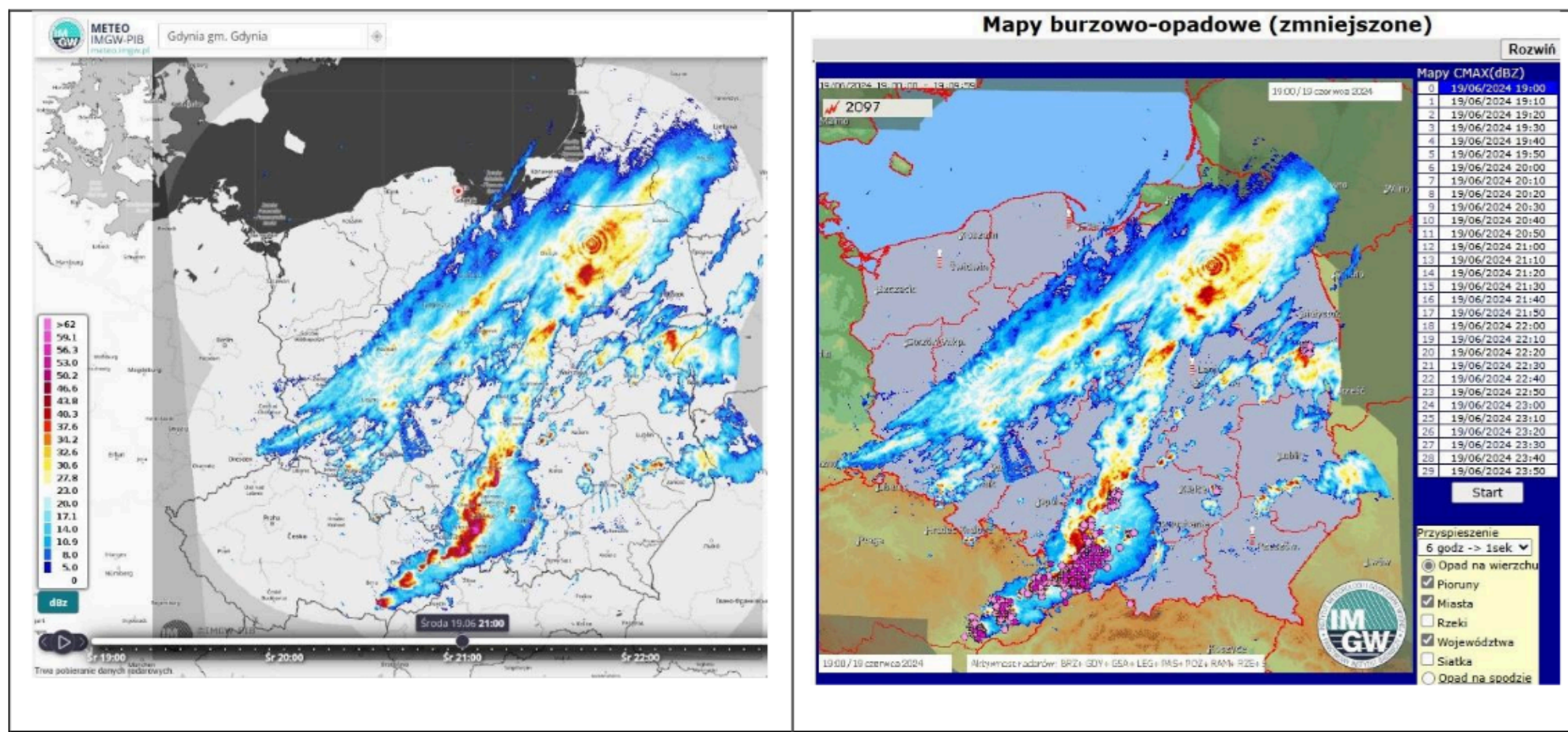


Krok 2.

Aby sa dosiahli účinné hydrologické predpovede, je nevyhnutné zbierať kompletne a spoľahlivé historické údaje, ktoré zahŕňajú napr. zrážky, prietoky riek, hladiny vody a mapy zobrazujúce terénne formy (Obr. 2). Rovnako dôležité sú aktuálne operačné údaje, ako sú numerické predpovede a snímky z meteorologických radarov, ktoré umožňujú reakciu v reálnom čase. Kombinácia historických a aktuálnych informácií, podporená priestorovou analýzou, je základom účinných predikčných modelov a systémov včasného varovania.

Obr. 2. Mapa maximálnej odrazivosti a búrková zrážková (zmenšená) zo dňa 19.06.2024 o 21:00 LT (19:00 UTC).

Zdroj: Dyrzcz, C. Radary v službe meteorológie.



Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

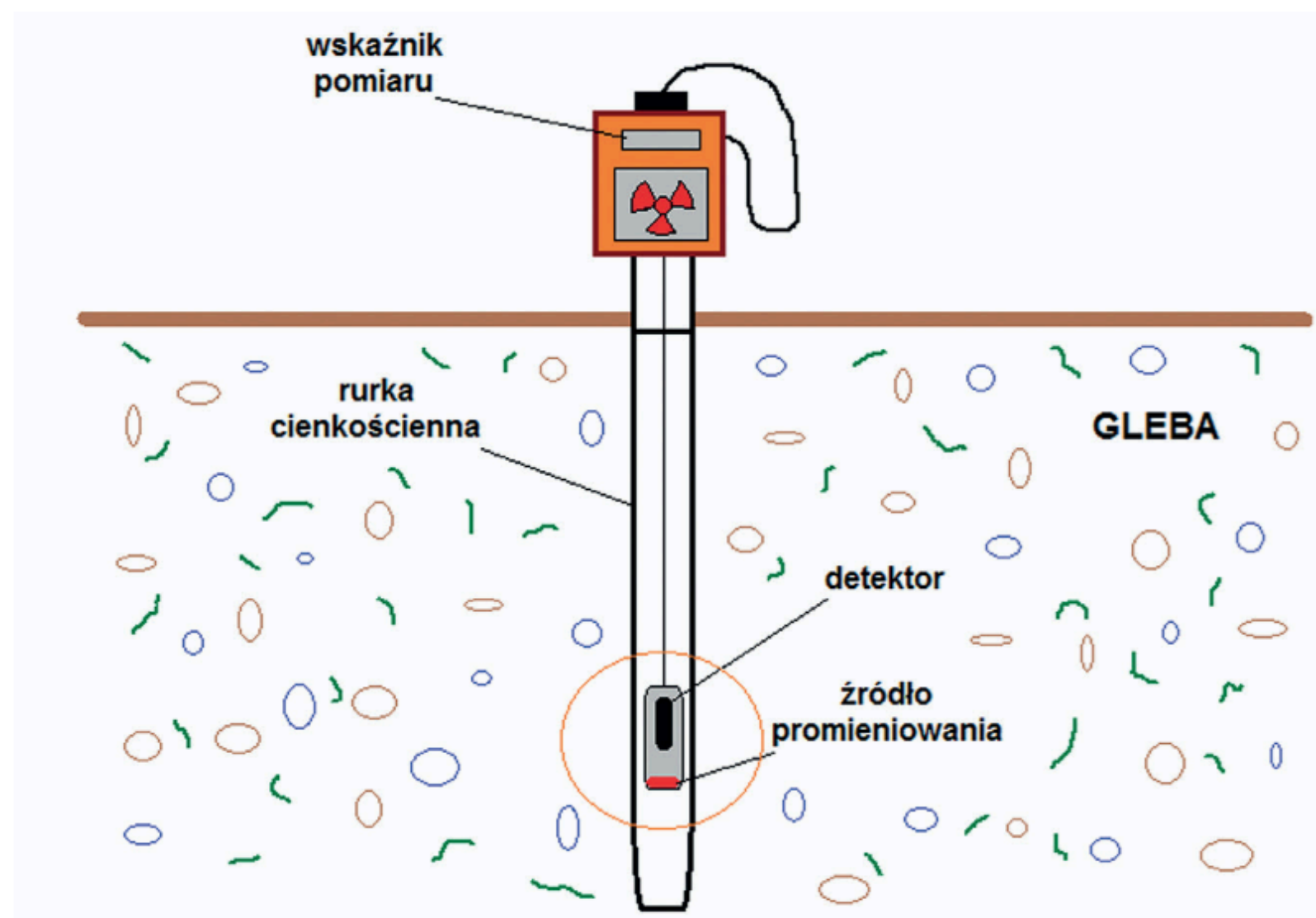
Polska – Słowacja

Krok 3.

V tomto kroku je dôležité vybrať vhodné senzory, ako napríklad zrážkomery, zariadenia na meranie hladiny a rýchlosti vody a senzory vlhkosti pôdy (Obr. 3), ktoré umožnia úplné monitorovanie. Kvalita dát závisí nielen od výberu zariadení, ale aj od ich množstva a správneho rozmiestnenia, ktoré by malo odrážať miestne hydrologické podmienky. Kľúčovým aspektom je aj redundancia systému, ktorá zabezpečuje nepretržitú životnosť a spoľahlivosť meraní, aj keď dôjde k poškodeniu jednotlivých senzorov.

Obr. 3. Neutónová sonda na meranie vlhkosti pôdy.

Zdroj: Górník, A., & Matyka, M. (2016). Metódy monitorovania vlhkosti pôdy. Otázky poľnohospodárskeho poradenstva, 84(2), 114–126.

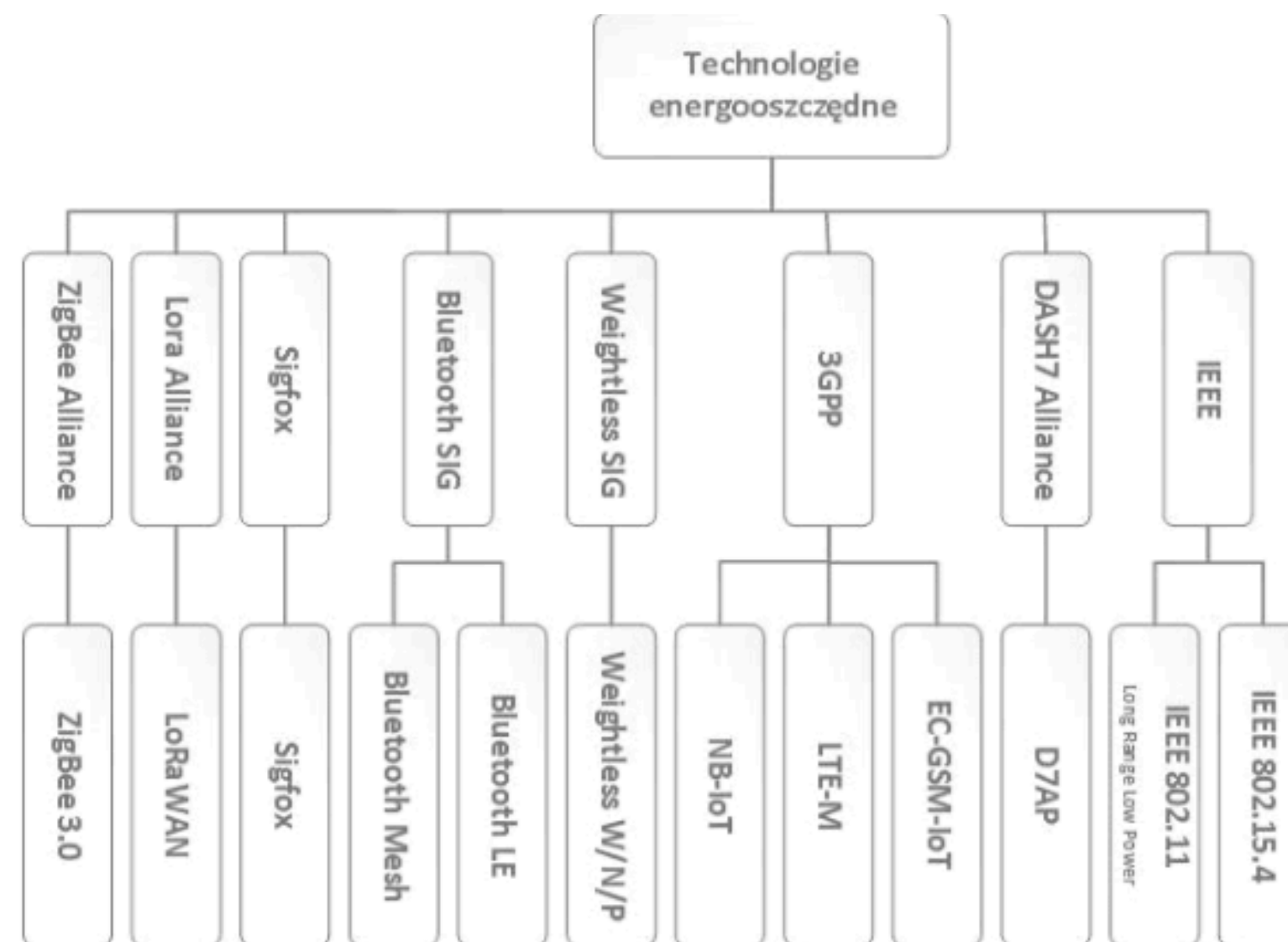


Krok 4.

Informácie zo senzorov by sa mali prenášať pomocou technológií, ako sú LoRaWAN, LTE-M alebo 5G (Obr. 4). Výber vhodného riešenia závisí od miestnych podmienok, pokrytia siete a požiadaviek na priepustnosť a úsporu energie. Súčasné využitie rôznych spôsobov komunikácie a lokálnych brán IoT zvyšuje odolnosť systému, umožňuje predbežné spracovanie údajov a znižuje zaťaženie hlavnej databázy. Vďaka tejto architektúre sú údaje stabilné, vysokej kvality a môžu byť rýchlo použité na predpovedanie a rozhodovanie.

Obr. 4. Normalizačné organizácie zapojené do rozvoja energeticky úsporných technológií.

Zdroj: Michta, E., Eljasz, D. & Lewandowski, W. (2023). Komunikačné štandardy používané v systémoch Smart Lighting. Elektrotechnický prehľad, 99.



Krok 5.

Zhromaždené údaje by sa mali skontrolovať z hľadiska kvality, aby sa identifikovali neobvyklé, nesprávne alebo chýbajúce hodnoty, čo zabraňuje vzniku chýb pri analýze. Validácia spočíva v porovnaní údajov s referenčnými údajmi a vo vypĺňaní krátkodobých medzier pomocou interpolačných alebo prediktívnych metód, čo zaručuje kontinuitu a konzistenciu databáz (Obr. 5). Zaznamenanie všetkých zmien zabezpečuje transparentnosť procesu a dôsledná kontrola kvality je základom spoľahlivých hydrologických prognóz.

Obr. 5. Umiestnenie regionálneho monitoringu kvality podzemných vôd (RMWP) v povodí hornej Visly.

Zdroj: Kmiecik, E. (2004). Prognózovanie zmien kvality podzemných vôd v priestorovom usporiadaní s využitím neurónových sietí. Spravodaj Štátneho geologického ústavu, (412, Hydrogeológia č. 6), 5–70.

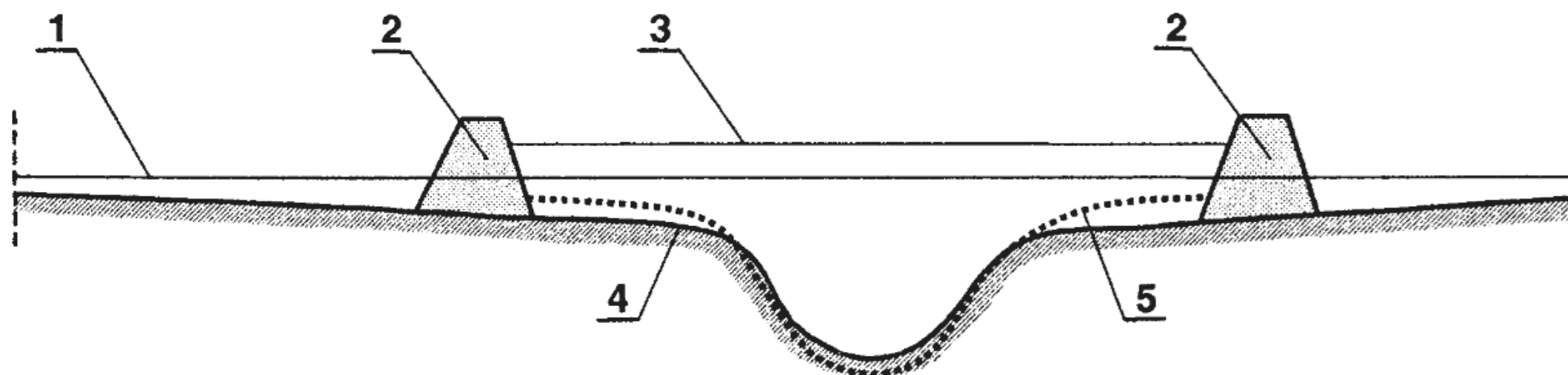


Krok 6.

Meranie hladiny vody sa premieňa na prietoky pomocou ratingových kriviek, ktoré znázorňujú vzťah medzi hladinou vody a intenzitou prietoku, a zároveň tvoria základ pre prognózy a analýzu povodňového rizika. Tieto krivky si vyžadujú pravidelnú kalibráciu, najmä po povodniach, pretože erózia, sedimenty a hydrotechnické zásahy ovplyvňujú podmienky v koryte rieky (Obr. 6). Neustále monitorovanie a doplnkové merania zaručujú presnosť údajov a vysokú spoľahlivosť dohliadacieho systému.

Obr. 6. Vplyv ohradenia rieky na zmenu priečného profilu koryta veľkých vôd: 1 – úroveň veľkej vody v neopevnenej doline, 2 – protipovodňové hrádze, 3 – úroveň vzdutej veľkej vody medzi hrádzami, 4 – pôvodný tvar priečného profilu, 5 – tvar profilu po vybudovaní hrádzí.

Zdroj: Żelazo J., Popek Z. 2002. Základy renaturalizácie riek. Vyd. SGGW, Varšava.



Krok 7.

Na základe historických aj aktuálnych údajov sa vytvárajú modely umelej inteligencie, medzi ktorými napríklad LSTM slúžia na analýzu časových údajov a CNN na analýzu priestorových údajov, čo umožňuje predpovedať hladiny vôd a prietoky s predstihom od niekoľkých hodín až po niekoľko dní (Obr. 7). Tieto modely vytvárajú deterministické aj pravdepodobnostné prognózy, ktoré podporujú analýzu rizika a rozhodovanie v podmienkach neistoty. Ich efektívnosť spočíva v neustálom učení sa, aktualizácii a overovaní prognóz vo vzťahu k reálnym údajom, čo zvyšuje presnosť a spoľahlivosť systému.

Obr. 7. Vývojový diagram simulácie v reálnom čase.

Zdroj: WITKOWSKI, K., & SADOWSKA, U. Elektronické systémy monitorovania, predpovedania a varovania pred povodňami.

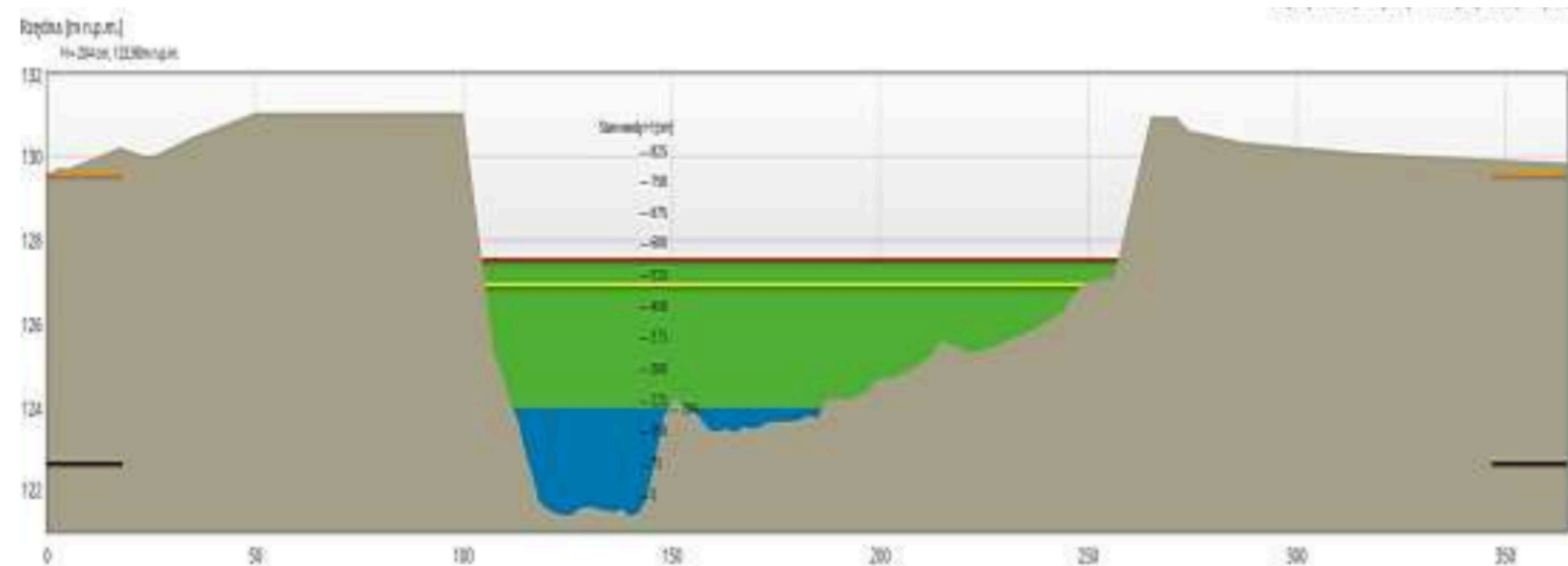


Krok 8.

System by mal analyzovať riziko prekročenia stanovených limitov v reálnom čase a generovať upozornenia prispôsobené úrovni ohrozenia, napríklad žltá, oranžová a červená (Obr. 8). Rôzne úrovne upozornení pomáhajú príjemcom lepšie pochopiť situáciu a prijať vhodné opatrenia. Dôležité je tiež poskytnúť informácie o očakávanom načasovaní hrozby a jej dopade, čo podporuje efektívne krízové riadenie a znižuje straty súvisiace s povodňami.

Obr. 8. Vizualizácia priečného rezu rieky s konvenčnými úrovňami označenými: (varovanie - žltá, alarm - červená) a úrovňami naplnenia koryta rieky (modrá - naplnenie koryta v čase analýzy, zelená - predpoveď, predpokladané naplnenie koryta).

Zdroj: Szumiejko, F., & Wdowikowski, M. (2020). Bežný život informácií o nebezpečných hydrologických javoch. Podporné systémy vo výrobnom inžinierstve, 9. vydanie.



Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

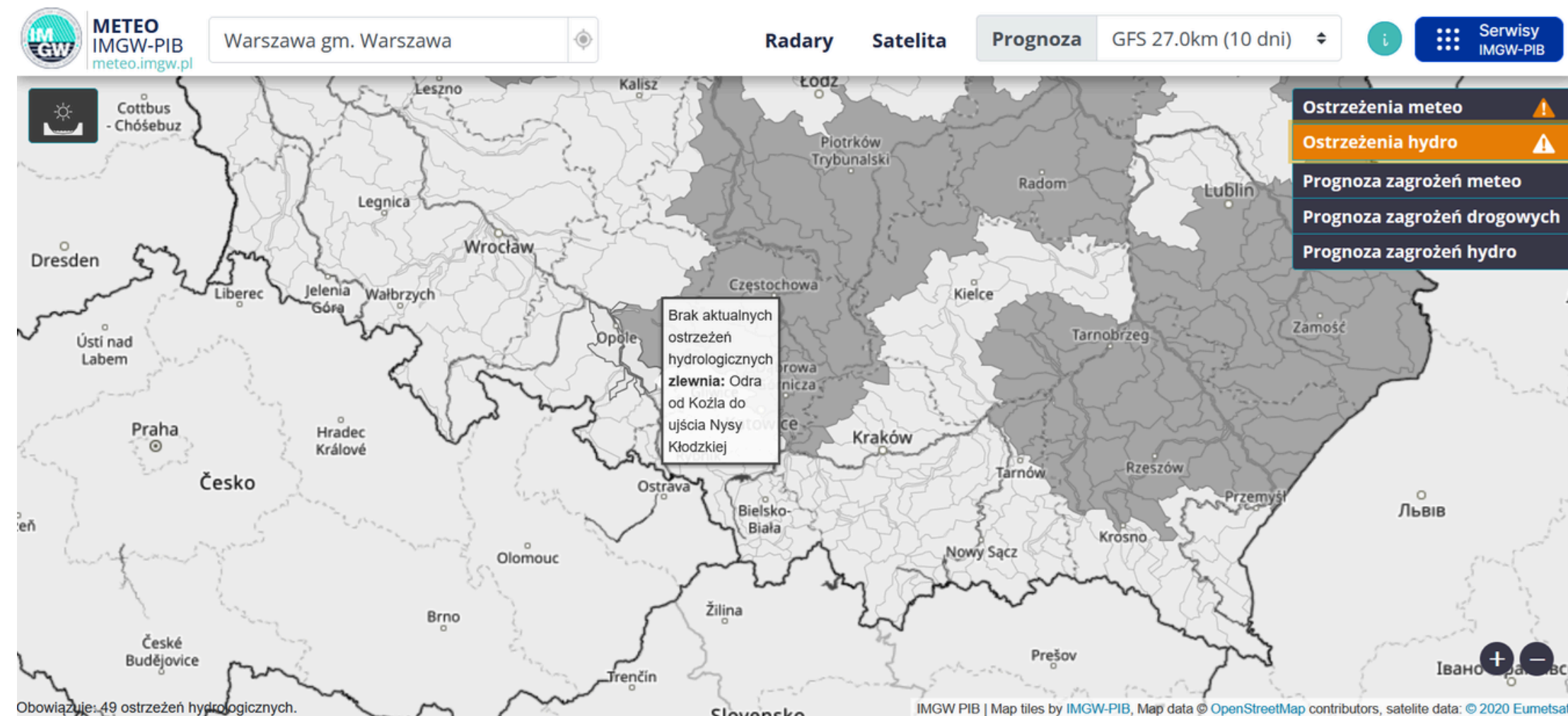
Polska – Słowacja

Krok 9.

Varovania by sa mali doručovať rôznymi spôsobmi, ako sú textové správy, mobilné aplikácie, zvukové alarmy a lokálne médiá, aby sa dostali k čo najväčšiemu počtu ľudí (Obr. 9). Informácie by mali byť konzistentné a mali by obsahovať relevantné údaje týkajúce sa miesta, času a potenciálnych dôsledkov hrozby. Používanie rôznych komunikačných metód zlepšuje schopnosť rýchlo doručovať varovania a zvyšuje účinnosť ochranného systému.

Obr. 9. Webová stránka METEO IMGW-PIB poskytujúca informácie o aktuálnych hydrologických výstrahách.

Zdroj: <https://meteo.imgw.pl/dyn/?osmet=true#osmet=false&oshyd=true&pronieb=false&roadwarn=false&pnzh=false&model=gfsOd25&loc=52.24,21.034,7.25>



Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja

Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

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

INŠTRUKCIE NA VYKONANIE HODNOTENIA POVODŇOVÉHO RIZIKA PROSTREDNÍCTVOM PRÍRODNÝCH RIEŠENÍ

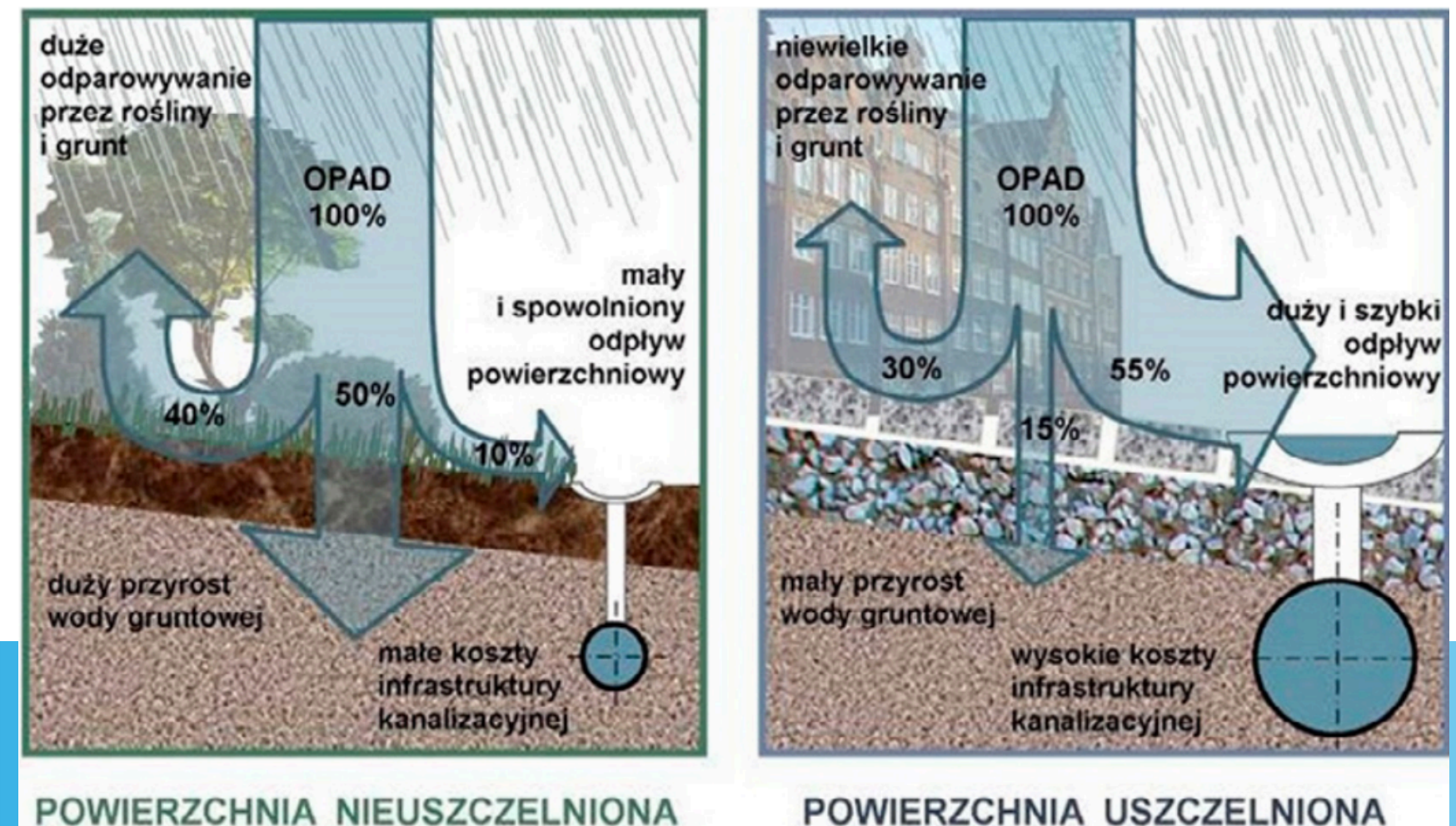
II. Pokyny umožňujúce posúdiť povodňové riziko prostredníctvom riešení založených na prírode

Krok 1.

Prvým krokom v procese je definovanie cieľov implementácie riešení inšpirovaných prírodou, ako je zníženie povodňových vln, zlepšenie zadržiavania vody (Obr. 1), zdravie ekosystémov a zvýšenie biodiverzity. Je dôležité presne definovať rozsah opatrení – od celého povodia až po malú časť údolia rieky – a posúdiť potenciálne prínosy a riziká. Definovanie merateľných ukazovateľov výkonnosti, ako sú znížené straty spôsobené povodňami a zlepšenie kvality vody, umožňuje objektívne posúdenie dosiahnutých výsledkov a zvyšuje prehľadnosť v procese plánovania.

Obr. 1. Cirkulácia vody na neutesnených a utesnených povrchoch

Zdroj: Januchta-Szostak, A. Voda v malom meste.

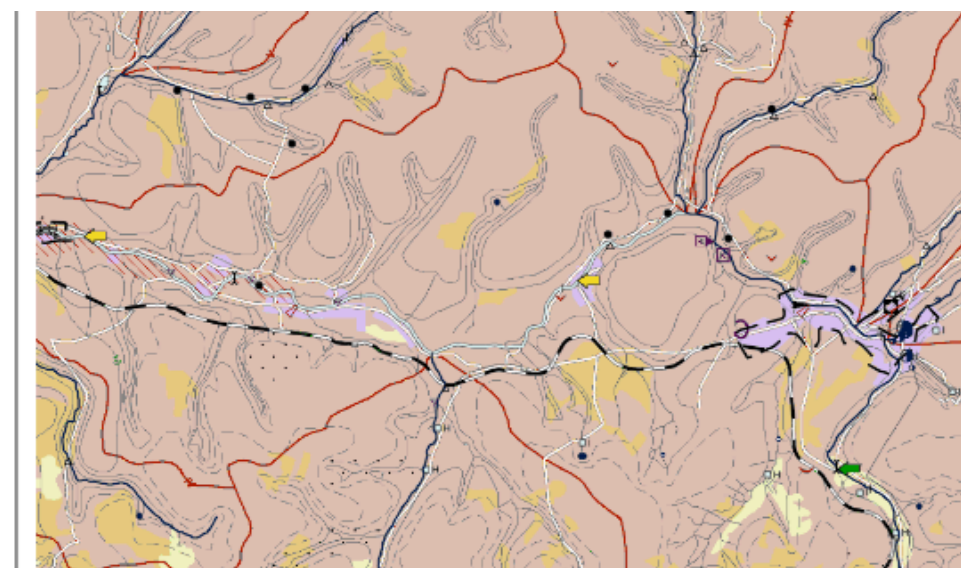


Krok 2.

Ďalším krokom je zhromaždenie priestorových a environmentálnych údajov, ktoré zahŕňajú informácie o hydrológii, hydrografii (Obr. 2), klíme, spôsoboch využívania pôdy, typoch pôdy a vegetácii. Dôležité sú aj historické údaje o povodniach, ktoré umožňujú identifikovať oblasti najzraniteľnejšie voči extrémnym udalostiam. Zhromaždené údaje tvoria ucelený súbor poznatkov, ktorý umožňuje analýzu východiskových podmienok, vývoj rôznych scenárov a návrh riešení, ktoré prospievajú ekosystémom a hospodáreniu s vodou.

Obr. 2. Hydrografická mapa Poľska (a), Hydrografická mapa Poľska s DTM (DTED 2)

Zdroj: Olszewski, R., Graf, R., & Stankiewicz, M. (2010). Je v Poľsku potrebná oficiálna tematická kartografia? Hydrografické mapy a poľská otázka.



Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

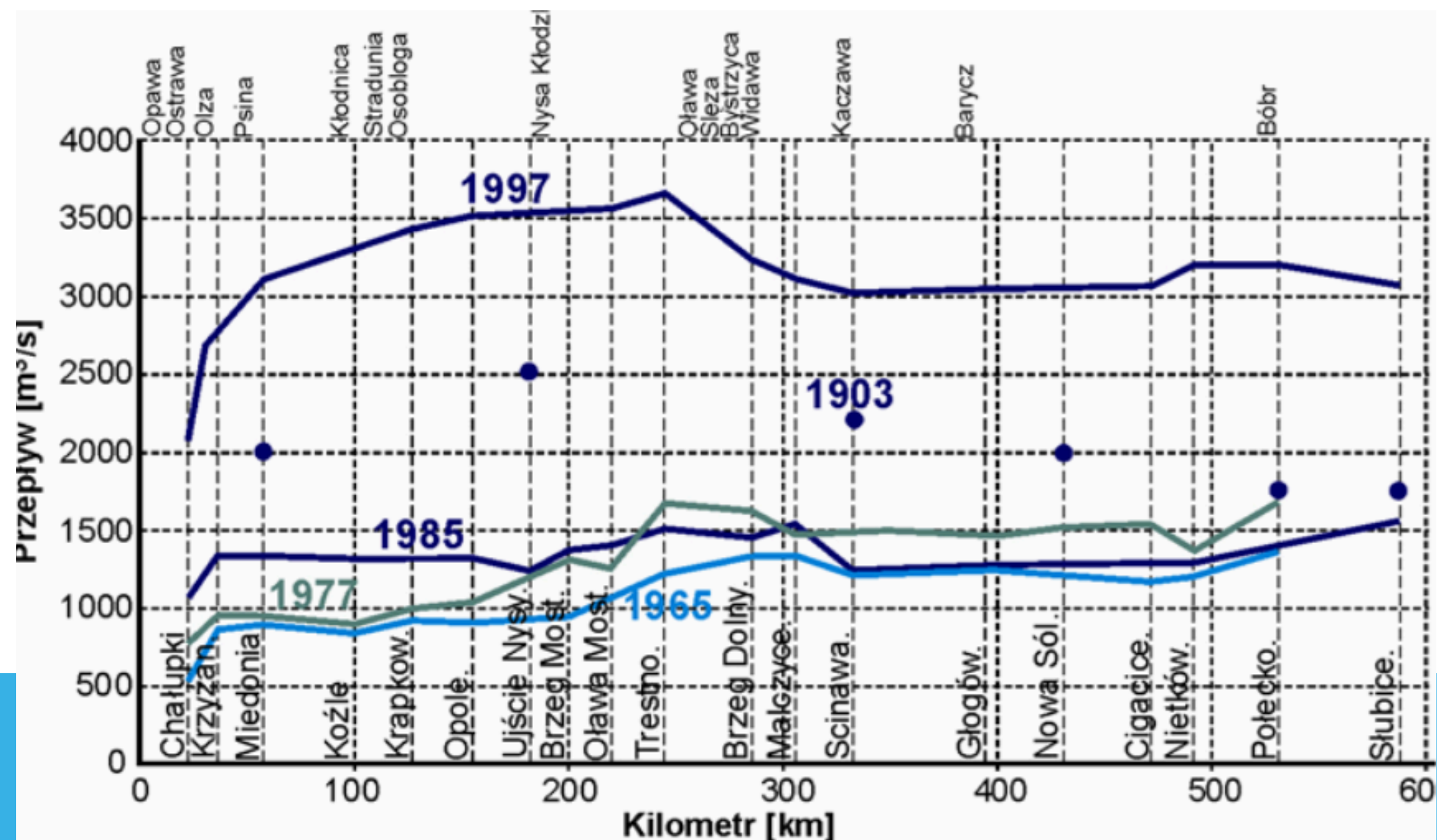
Polska – Słowacja

Krok 3.

Na základe zozbieraných informácií sa vytvárajú hydrologické a hydraulické modely na simuláciu rôznych scenárov zrážok a prietoku vody a na posúdenie rizika povodní. Výsledky týchto štúdií vrátane máp rizika povodní označujú oblasti obzvlášť zraniteľné voči povodniam (Obr. 3) a podporujú organizáciu ochranných opatrení. Tieto modely sú základným nástrojom pre riadenie rizika povodní a rozhodovanie v súvislosti s investíciami a reakciou na krízy.

Obr. 3. Maximálne prietoky pri najväčších povodniach na rieke Odra v 20. storočí.

Zdroj: Radczuk, L. (2008). Modelovanie hydrologických procesov v povodí horného a stredného toku rieky Odra. Vydavateľstvo University of Life Sciences.



Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja

Krok 4.

Táto fáza identifikuje riešenia inšpirované prírodou, ako je obnova prirodzených korýt riek (Obr. 4), obnova mokradí a vytváranie lužných lesov a záplavových lúk, ktoré môžu znížiť dopady povodní a zlepšiť životné prostredie. Skúma sa ich vplyv na zadržiavanie vody, účinnosť pri znižovaní rizika povodní a prínosy pre životné prostredie a komunity. To umožňuje výber opatrení, ktoré súčasne chránia pred povodňami, podporujú ekosystémy a zlepšujú kvalitu života obyvateľov.

Obr. 4. Alternatívne biotopy vyvinuté v poliach medzi porastmi sa vyznačujú vysokou variabilitou hydromorfologických podmienok, vysokým prírodným potenciálom a určujú biodiverzitu v koryte rieky (ústie Odry Brzeg Dolny - Lužickej Nisy)

Zdroj: Biedroń, I., Brzóška, P., Dondajewska-Pielka, R., Furdyna, A., Gołdyn, R., Grygoruk, M., ... & Wybraniec, K. Táto príručka bola vypracovaná ako súčasť projektu „Vypracovanie národného programu renaturalizácie povrchových vôd“, ktorý si objednal Štátny úrad pre vodné hospodárstvo – Poľské vody.



Interreg



Współfinansowany przez
UNIJĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja

Krok 5.

Kluczowym prvkem tohto procesu je aktívna účasť miestnych komunit (Tabuľka 1), miestnych samospráv, vlastníkov pôdy a neziskových organizácií, ktoré majú znalosti a skúsenosti potrebné na prispôsobenie riešení miestnym podmienkam. Táto spolupráca zvyšuje akceptáciu komunity, znižuje potenciál konfliktov a podporuje rozvoj komplexných a udržateľných projektov. Prostredníctvom aktívnej účasti obyvateľov sa vytvárajú riešenia, ktoré súčasne chránia pred povodňami, podporujú ekosystémy a posilňujú sociálne vzťahy.

Tabuľka 1. Percentuálny podiel respondentov, ktorí deklarovali konkrétne typy aktivít protipovodňovej ochrany a ktorí žijú v oblastiach náchylných na škody spôsobené povodňami.

Zdroj: Biernacki, W., Bokwa, A., Działek, J. a Padło, T. (2009). Miestne komunity čelia prírodným rizikám a prírodným katastrofám.

typ miejscowości	udział respondentów:		
	stosujących zabezpieczenia domu przed powodzią	podejmujących działania zabezpieczające przed powodzią wraz z innymi mieszkańcami	zwracających się do władz lokalnych w sprawie zabezpieczenia domu i jego okolicy przed powodzią
wieś	45,2	26,0	44,0
miasto	14,7	16,0	16,4
miasto małe	27,9	31,5	33,9
miasto średnie	15,4	19,4	15,9
miasto duże	7,4	5,1	8,2
ogółem	17,9	17,0	19,3

Interreg



Współfinansowany przez
UNIJĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja

Krok 6.

Na základe modelových analýz sa vytvárajú scenáre implementácie ekologických riešení, ktoré sa líšia rozsahom, umiestnením a mierou vplyvu. Každá možnosť sa analyzuje z hľadiska hydraulického účinnosti, nákladov, dostupných technických riešení a sociálnej prijateľnosti (Tabuľka 2), ako aj ďalších výhod, ako je zlepšená kvalita ekosystému a biodiverzita. To umožňuje výber riešení s najlepším potenciálom, ktoré kombinujú hydrologickú účinnosť s environmentálnymi a sociálnymi výhodami.

Tabuľka 2. Verejné statky a služby slúžiace ako opatrenia na ochranu pred povodňami.

Zdroj: Kuźmiński, Ł. (2018). Modely pre pravdepodobnostné meranie a hodnotenie rizika povodní: príklad povodia strednej Odry (zv. 281). Wydawca: Ekonomickej univerzity vo Vroclave.

Działania o charakterze inwestycyjnym, organizacyjnym i eksploatacyjnym mające na celu zmniejszenie zagrożenia powodziowego i zminimalizowanie skutków powodzi			
TECHNICZNE		NIETECHNICZNE	
Działania polegające na budowie i eksploatacji budowli hydrotechnicznych		Działania prawne, organizacyjne, administracyjne i ekonomiczne mające na celu złagodzenie skutków powodzi. Ograniczenie strat następuje przez oddziaływanie na organizację życia oraz zachowanie ludności i podmiotów gospodarczych użytkujących obszary zagrożone powodzią przez regulacje prawne, systemy ubezpieczeń i inne instrumenty transferu ryzyka, podatki, edukację oraz sprawne systemy ostrzeżeń powodziowych	
CZYNNE Sterowanie falą powodziową przez właściwą retencję w sztucznych zbiornikach wodnych i polderach	BIERNE Zapewnienie sprawnego odpływu wód powodziowych	ZBIOROWE Działania polegające na prewencji, przygotowaniu do powodzi, reagowaniu w jej czasie i po powodzi. Do działań tych należą: uszczelnianie budynków, zabezpieczenia kanalizacji, rodzinne plany reagowania ewakuacji i inne	INDYWIDUALNE Działania w celu ochrony ludności, majątku, dóbr kultury itp. Zalicza się do nich: ograniczenia zabudowy terenów zalewowych, systemy ostrzeżeń powodziowych, systemy reagowania na powódź, ubezpieczenia powodziowe i inne.

Krok 7.

Po výbere riešení sa vypracuje podrobná dokumentácia, ktorá definuje rozsah inžinierskych a ekologických prác, miesto zásahu a výber rastlín, ktoré podporujú proces renaturalizácie a zadržiavania vody (Obr. 5). Patria sem činnosti ako obnova prirodzených korýt riek, rekonštrukcia mokradí a revitalizácia degradovaných oblastí. Súčasne sa pripravujú potrebné povolenia a opatrenia, aby sa zabezpečilo, že implementácia riešení sa bude vykonávať v súlade s predpismi a transparentným spôsobom.

Obr. 5. Údolie Łachy

Zaujímavý príklad sanačných opatrení realizovaných na pozemkoch patriacich Nadácii ProNatura v blízkosti koryta rieky – po renaturalizácii sú kvázi-mŕtve ramená bohatstvom biodiverzity a tiež podporujú zadržiavanie vody.

Zdroj: Kuźmiński, Ł. (2018). Modely prawdopodobnego merania a hodnotenia ryzyka powodzi: przykład sredniego powodia rieky Odra (zv. 281). Wydawateľstwo Ekonomickej univerzity vo Vroclave.



Interreg



Współfinansowany przez
UNIJĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja

Krok 8.

Ďalším krokom je implementácia vybraných riešení v teréne, ktoré zahŕňajú obnovu riečnych ohybov (obr. 6), vytváranie záplavových území a výsadbu vegetácie v lužných lesoch a mokradiach. Tieto činnosti zlepšujú zadržiavanie vody, znižujú riziko povodní, podporujú biodiverzitu a zlepšujú kvalitu ekosystémov. Práce sa vykonávajú minimálne invazívnym spôsobom, berúc do úvahy prirodzené environmentálne procesy a životný cyklus organizmov.

Obr. 6. Typickým znakom meandrových koryt sú ohyby. V nich sa v dôsledku posunu línie prúdu konkávny breh odplavuje, čo vedie k vytvoreniu podrezaného brehu a plosy a k ukladaniu sedimentu na konvexnom brehu vo forme meandrovej výplne (svahu), ktorá môže byť dodatočne stabilizovaná vegetáciou (červená šípka).

Zdroj: Biedroń, I., Brzóska, P., Dondajewska-Pielka, R., Furdyna, A., Gołdyn, R., Grygoruk, M., ... & Wybraniec, K. Táto príručka bola vypracovaná ako súčasť projektu „Vypracovanie národného programu renaturalizácie povrchových vôd“, ktorého zadal Štátny vodohospodársky úrad „Poľské vody“.



Interreg



Współfinansowany przez
UNIJĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja

Krok 9.

Po implementácii riešení sa vykonáva systematické monitorovanie vrátane hydrologických štúdií, hodnotenia zdravia ekosystémov a analýzy vplyvu opatrení na miestne komunity (obr. 7). Zozbierané informácie umožňujú posúdiť účinnosť použitých metód z hľadiska hydrologických, ekologických a sociálnych aspektov. Výsledky monitorovania sa tiež používajú na identifikáciu problémov a implementáciu potrebných zmien, čím sa zabezpečí flexibilita a udržateľnosť výsledkov opatrení.

Obr. 7. Smernice OECD pre manažment vodných zdrojov

Zdroj: KOLANEK, A., SAMBOR, A. a FERENC, Z. Nástroje podporujúce úlohy monitorovania vodného prostredia štátu v kontexte trvalo udržateľného rozvoja v ére klimatických zmien.



Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

Polska - Słowacja

Krok 10.

Posledným krokom je zabezpečiť dlhodobú účinnosť implementovaných riešení vypracovaním plánu údržby, ktorý zahŕňa systematické kontroly, údržbu infraštruktúry a dohľad nad ekosystémom (Tabuľka 3). Dôležité je aj získanie stabilných zdrojov financovania, ako sú verejné a EÚ fondy, ako aj spolupráca s organizáciami a súkromným sektorom. Kombinácia týchto opatrení s miestnymi plánmi manažmentu povodňových rizík zvyšuje ich účinnosť, udržateľnosť a vplyv na životné prostredie a komunitu.

Tabuľka 3. AKTUALIZOVANÝ PROGRAM OCHRANY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA PRE OBEC NIEDŹWIEDŹ NA ROKY 2015 – 2018 S VÝHLÁDOM NA ROKY 2019 – 2022.

Zdroj: LATA, D. G. N. N. PROGRAM OCHRANY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA PRE OBEC NIEDŹWIEDŹ NA ROKY 2015 – 2018 S VÝHLÁDOM NA ROKY 2019 – 2022.

Racionalizacja gospodarowania zasobami wód powierzchniowych i podziemnych w taki sposób, aby uchronić gospodarkę od deficytów wody

Główne działania w latach 2015-2018 realizujące założone cele:

Działania	Jednostki odpowiedzialne i współpracujące
Wprowadzanie zamkniętych obiegów wody w przemyśle, wodooszczędnych technologii produkcji, w szczególności stosowanie BAT (najlepszej dostępnej techniki)	Podmioty gospodarcze
Spowalnianie odpływu wód poprzez odtwarzanie mikroretencji, renaturyzację rzek, budowę i remont zastawek w systemie melioracji szczegółowej	MZMiUW, Marszałek, spółki wodne, właściciele gospodarstw rolnych, Nadleśnictwa
Minimalizacja strat wody	Podmioty gospodarcze, spółki wodne z terenu Gmina Niedźwiedź, mieszkańcy

Interreg



Współfinansowany przez
UNIĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja