

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Drevárska fakulta

Katedra protipožiarnej ochrany

**SPRÁVA OBSAHUJÚCA VÝSLEDKY EKONOMICKEJ
EFEKTÍVNOSTI IMPLEMENTOVANÝCH
PRÍRODE BLÍZKYCH RIEŠENÍ**

Modelové finančné a ekonomické hodnotenie

Projekt 09I01-03-V04-00088

Vývoj, testovanie, demonštrácia a validácia konceptuálnych metodologických a technologických riešení zvyšujúcich odolnosť porastov napadnutých lykožrútom smrekovým

Pracovný balík NV5 – Implementácia, demonštrácia, monitorovanie a posúdenie efektívnosti vybraných prírode blízkyh riešení

Zvolen, 2026

Správa komplexne hodnotí ekonomickú efektívnosť piatich modelových prírode blízkych riešení využiteľných v experimentálnom území Vydrovo. Posudzované sú investičné náklady, prevádzkové a údržbové náklady, životnosť, odvrátené škody, ekonomicky vyjadriteľné ekosystémové prínosy a citlivosť výsledkov na zmenu cien a prínosov.

Hodnotenie bolo vykonané na desaťročné obdobie pri diskontnej sadzbe 4 %. Pre každý modelový prípad boli zostavené položkové náklady, ročný peňažný tok, čistá súčasná hodnota (NPV), pomer prínosov a nákladov (BCR), jednoduchá doba návratnosti a citlivosť analýza. V základnom scenári všetky posudzované riešenia dosahujú BCR vyššie ako 1, pričom najvyššiu ekonomickú efektívnosť vykazujú opatrenia na spomaľovanie odtoku na lesných cestách a biotechnická stabilizácia svahov.

Výsledky majú modelový charakter. Nepredstavujú skutočne fakturované náklady projektu ani záväzný rozpočet. Ich účelom je preukázať metodický postup a realistický rozsah ekonomickej efektívnosti pri priemerných hodnotách v eurách. Po získaní reálnych prevádzkových a monitorovacích údajov sa odporúča výpočty aktualizovať.

1. Úvod a východiská

Prírode blízke riešenia predstavujú opatrenia založené na podpore prirodzených procesov, ktoré znižujú environmentálne riziká a súčasne podporujú ekologickú stabilitu územia. V lesnom prostredí ide najmä o opatrenia zamerané na obnovu vodného režimu, spomaľovanie povrchového odtoku, ochranu pôdy, stabilizáciu svahov, podporu prirodzenej obnovy a zvýšenie druhovej a priestorovej diverzity porastov.

Ekonomickú efektívnosť týchto riešení nemožno posudzovať len podľa počiatočnej ceny. Významnú časť ich prínosu tvoria odvrátené škody, zníženie potreby budúcich opráv a obnovy, stabilizácia produkčných a mimoprodukčných funkcií lesa a obmedzenie negatívnych následkov sucha, erózie, prívalových zrážok a kalamitných udalostí.

Správa nadväzuje na Katalóg potenciálnych prírode blízkych riešení podporujúcich odolnosť lesa voči dopadom klimatickej zmeny, technické podklady pracovného balíka NV5 a monitorovacie aktivity projektu STAND_TECH_SOL.

2. Cieľ, predmet a rozsah hodnotenia

Cieľom je kvantifikovať ekonomickú efektívnosť vybraných prírode blízkych riešení na modelových prípadoch a poskytnúť porovnateľný podklad pre rozhodovanie o ich ďalšej implementácii.

Predmetom hodnotenia sú tieto opatrenia:

- malé retenčné a prehradzovacie prvky;
- spomaľovanie odtoku na lesných cestách a v erózných dráhach;
- biotechnická stabilizácia svahov;

- vegetačné protierózne pásy a obnova vegetačného krytu;
- prírode blízke pestovné a manažmentové opatrenia.

3. Metodický rámec ekonomického hodnotenia

3.1 Hodnotené kategórie nákladov

Kategória	Obsah
Investičné náklady	Návrh, príprava, materiál, práca, mechanizácia, doprava, založenie vegetácie a uvedenie opatrenia do funkčného stavu.
Prevádzkové náklady	Pravidelné kontroly, čistenie, drobné opravy, dopĺňanie materiálu a evidencia.
Náklady na údržbu	Starostlivosť o vegetáciu, opravy po intenzívnych zrážkach, obnova poškodených prvkov.
Náklady na monitoring	Zber údajov, vyhodnotenie účinnosti, fotodokumentácia, UAV a IoT monitoring.
Obnovovacie náklady	Predpokladané čiastočné obnovenie alebo výmena prvkov počas životnosti.

3.2 Hodnotené ekonomické prínosy

Kategória prínosu	Ekonomický význam
Odvrátené škody na pôde	Zníženie nákladov na sanáciu erózných rýh, obnovu pôdneho krytu a stabilizáciu terénu.
Odvrátené škody na cestách	Zníženie nákladov na opravy povrchu, priepustov, priekop a výustí.
Odvrátené škody na svahoch	Zníženie pravdepodobnosti nákladných sanačných zásahov.
Zníženie nákladov na obnovu porastu	Nížšia potreba umelej obnovy, ochrany kultúr a opakovaných pestovných zásahov.
Hydrologické prínosy	Zadržiavanie vody, zníženie kulminačného odtoku a zanášania nižšie položených častí územia.
Ekosystémové prínosy	Stabilita mikroklimy, biodiverzita a zachovanie mimoprodukčných funkcií lesa.

3.3 Výpočtové ukazovatele

Použité boli tieto ukazovatele:

- čistá súčasná hodnota (NPV) = súčasná hodnota prínosov mínus súčasná hodnota nákladov;
- pomer prínosov a nákladov (BCR) = súčasná hodnota prínosov / súčasná hodnota nákladov;
- jednoduchá doba návratnosti = investičné náklady / ročný čistý prínos;
- ročné ekvivalentné náklady = súčasná hodnota nákladov prepočítaná na rovnomernú ročnú hodnotu.

3.4 Základné predpoklady

Predpoklad	Hodnota
Hodnotiace obdobie	10 rokov

Predpoklad	Hodnota
Diskontná sadzba	4 % ročne
Cenová úroveň	Modelové priemerné ceny roku 2026 vrátane DPH
Rast cien	V základnom scenári sa neuvažuje samostatná inflácia; hodnoty sú v stálych cenách
Zostatková hodnota	Uplatnená pri opatreniach s predpokladanou životnosťou dlhšou ako 10 rokov
Časovanie tokov	Investícia v roku 0, prevádzkové náklady a prínosy na konci jednotlivých rokov

4. Modelové jednotkové ceny

Položka	Modelová cena
Manuálna a odborná práca v teréne	18,00 €/hod.
Technický pracovník, návrh a kontrola	25,00 €/hod.
Minibager s obsluhou v lesnom teréne	30,00 €/hod.
Malá mechanizácia	15,00 €/hod.
Drevo vhodné na drobné stabilizačné prvky	75,00 €/m ³
Kamenivo	19,00 €/t
Sadenice a vegetačný materiál	2,00 €/ks
Doprava ľahším nákladným vozidlom	1,20 €/km
UAV dokumentačný let a spracovanie	450,00 €/let
Ročné vyhodnotenie monitorovacích údajov	300,00 €/opatrenie

Tabuľka modelových jednotkových cien vytvára spoločný cenový základ pre všetky modelové prípady. Najväčší vplyv na výslednú investičnú hodnotu majú pracovné vstupy a mechanizácia. Pri opatreniach realizovaných v lesnom teréne nemožno vychádzať iba z bežnej trhovej hodinovej sadzby, pretože do ceny vstupuje presun pracovníkov a techniky, nižšia produktivita práce na svahu, manipulácia s materiálom a potreba odbornej kontroly.

Modelová cena dreva a kameniva predstavuje priemernú hodnotu materiálu využiteľného na drobné retenčné, prehradzovacie a stabilizačné prvky. Ak je vhodný materiál dostupný priamo v území, môžu byť skutočné náklady nižšie. Naopak, pri potrebe dovozu, osobitného triedenia alebo ručného presunu do neprístupných častí územia sa náklady môžu významne zvýšiť.

Samostatne sú uvedené náklady na monitoring, pretože ekonomickú efektívnosť nemožno preukázať iba realizáciou opatrenia. Potrebné je overovať jeho funkčnosť, technický stav a účinok na odtok, eróziu alebo vegetáciu. Monitoring preto nie je doplnkovým výdavkom, ale podmienkou objektívneho vyhodnotenia prínosov.

Jednotkové ceny slúžia iba na modelové výpočty. Pri reálnej implementácii je potrebné použiť cenové ponuky, skutočné mzdové náklady, výkaz výmer a miestne dopravné podmienky.

5. Modelové prípady a položkové náklady

5.1 Malé retenčné a prehradzovacie prvky

Modelový rozsah: 5 dreveno-kamenných prehrádzok. Predpokladaná technická alebo funkčná životnosť: 15 rokov.

Nákladová položka	Modelová hodnota
Terénna práca	1 260 €
Odborný návrh a kontrola	200 €
Drevo	450 €
Kamenivo	285 €
Mechanizácia a doprava	305 €
Celkové investičné náklady	2 500 €

Pri malých retenčných a prehradzovacích prvkoch tvorí najväčšiu časť investície terénna práca. Ide o opatrenie s relatívne nízkymi materiálovými nákladmi, ktorého ekonomická výhodnosť závisí najmä od využitia miestneho dreva a kameňa. Celková investícia 2 500 € zodpovedá približne 500 € na jeden prvok.

Ročné náklady 270 € zahŕňajú údržbu a monitoring. Pri modelovom ročnom prínose 650 € vzniká čistý ročný prínos 380 €. Ekonomický efekt sa teda dosahuje najmä znížením nákladov na čistenie sedimentov, sanáciu erózných rýh a opravy poškodených častí územia. Opatrenie je výhodné predovšetkým tam, kde sa sústredený odtok a transport sedimentov opakujú.

Ročné náklady na údržbu sa odhadujú na 150 € a ročné náklady na monitoring na 120 €. Modelový ročný ekonomický prínos je 650 €. Odvrátené náklady na čistenie a sanáciu erózných rýh, zachytenie splavenín a ochrana nižšie položených častí územia.

5.2 Spomaľovanie odtoku na lesných cestách

Modelový rozsah: 10 priečných rozptyľovacích a odvodňovacích prvkov. Predpokladaná technická alebo funkčná životnosť: 10–12 rokov.

Nákladová položka	Modelová hodnota
Terénna práca	990 €
Odborný návrh a kontrola	150 €
Minibager	540 €
Kamenivo a drobný materiál	320 €
Doprava	200 €
Celkové investičné náklady	2 200 €

Pri opatreniach na spomaľovanie odtoku na lesných cestách je významný podiel mechanizácie, ale celková investícia zostáva nízka. Pri desiatich prvkoch predstavuje priemerný investičný náklad približne 220 € na jeden prvok. Ide o riešenie s rýchlym preventívnym účinkom, pretože znižuje poškodzovanie cesty už pri prvých intenzívnych zrážkach.

Ročný čistý prínos dosahuje v modeli 600 € po odpočítaní údržby a monitoringu. Prínos 900 € ročne je odôvodnený najmä znížením potreby opráv povrchu komunikácie, čistenia priekop a odstraňovania erózných rýh. Práve preto toto opatrenie dosahuje v súhrnnom porovnaní najpriaznivejší pomer prínosov a nákladov.

Ročné náklady na údržbu sa odhadujú na 180 € a ročné náklady na monitoring na 120 €. Modelový ročný ekonomický prínos je 900 €. Zníženie frekvencie opráv povrchu ciest, priekop a výustí a obmedzenie vzniku nových erózných dráh.

5.3 Biotechnická stabilizácia svahu

Modelový rozsah: stabilizácia približne 300 m² svahu. Predpokladaná technická alebo funkčná životnosť: 15–20 rokov.

Nákladová položka	Modelová hodnota
Terénna práca	2 700 €
Odborný návrh a kontrola	600 €
Minibager	1 350 €
Drevo, kamenivo a vegetačné prvky	1 350 €
Doprava a pomocný materiál	500 €
Celkové investičné náklady	6 500 €

Biotechnická stabilizácia svahu je investične najnáročnejším modelovým prípadom. Významnú časť nákladov tvoria terénne práce, mechanizácia a kombinácia drevených, kamenivových a vegetačných prvkov. Pri ploche 300 m² predstavuje modelový investičný náklad približne 21,70 € na m².

Vyššia investícia je ekonomicky odôvodnená iba v lokalite s reálnym svahovým rizikom. Ročný modelový prínos 1 800 € vyjadruje najmä odvrátenie nákladnej sanácie svahu, opravy lesnej cesty a strát na poraste. Po odpočítaní údržby a monitoringu zostáva čistý ročný prínos 1 370 €. Opatrenie má preto vysokú efektívnosť, ale jeho výsledok je veľmi citlivý na správne umiestnenie.

Ročné náklady na údržbu sa odhadujú na 250 € a ročné náklady na monitoring na 180 €. Modelový ročný ekonomický prínos je 1800 €. Odvrátenie nákladnej sanácie svahu a ochrana lesnej cesty, pôdy, porastu a súvisiacej infraštruktúry.

5.4 Vegetačné protierózne pásy

Modelový rozsah: približne 500 m vegetačných pásov. Predpokladaná technická alebo funkčná životnosť: 15 rokov.

Nákladová položka	Modelová hodnota
Terénna práca	1 620 €
Odborný návrh a kontrola	250 €
Sadenice	800 €
Mechanizácia a pomocný materiál	330 €
Doprava	200 €
Celkové investičné náklady	3 200 €

Vegetačné protierózne pásy majú nižšie materiálové a mechanizačné náklady, ale vyšší podiel manuálnej práce. Pri rozsahu 500 m predstavuje investícia približne 6,40 € na jeden bežný meter pásu. Náklady sa koncentrujú do obdobia založenia a prvých rokov, keď je potrebné kontrolovať ujetie vegetácie a dopĺňať poškodené časti.

Ročný čistý prínos dosahuje 510 €. Prínos sa vytvára postupne so zvyšovaním koreňovej stability a hustoty vegetačného krytu. Opatrenie preto nemožno hodnotiť iba podľa krátkodobej návratnosti; významná je jeho dlhá životnosť a schopnosť znižovať odnos pôdy, zanášanie odvodňovacích prvkov a potrebu opakovaných zásahov.

Ročné náklady na údržbu sa odhadujú na 220 € a ročné náklady na monitoring na 120 €. Modelový ročný ekonomický prínos je 850 €. Zníženie odnosu pôdy a sedimentov, stabilizácia vegetačného krytu a zlepšenie infiltrácie.

5.5 Prírode blízke pestovné opatrenia

Modelový rozsah: modelová plocha 5 ha. Predpokladaná technická alebo funkčná životnosť: 20 rokov.

Nákladová položka	Modelová hodnota
Odborné plánovanie	1 000 €
Pestovné práce	2 880 €
Malá mechanizácia	600 €
Doprava a pomocný materiál	520 €
Celkové investičné náklady	5 000 €

Prírode blízke pestovné opatrenia sú hodnotené na modelovej ploche 5 ha. Investícia 5 000 € zodpovedá približne 1 000 € na hektár. Najväčší podiel tvoria pestovné práce a odborné plánovanie, zatiaľ čo materiálové vstupy sú obmedzené.

Ročný čistý prínos dosahuje 720 €. Tento prínos nevzniká jednorazovo, ale predstavuje priemernú ročnú hodnotu zníženého rizika kalamitných škôd, nižšej potreby umelej obnovy a stabilnejšieho plnenia funkcií lesa. Ide o opatrenie s dlhším časom návratnosti, ale s najširším rozsahom ekologických a prevádzkových prínosov.

Ročné náklady na údržbu sa odhadujú na 300 € a ročné náklady na monitoring na 180 €. Modelový ročný ekonomický prínos je 1200 €. Zníženie pravdepodobnosti kalamitných škôd, nákladov na obnovu a ochranu kultúr a stabilnejšie plnenie funkcií lesa.

6. Desaťročný cash-flow

6.1 Malé retenčné a prehradzovacie prvky

Rok	Investícia €	Prevádzka €	Prínosy €	Čistý tok €	Diskontovaný tok €
0	2500	0	0	-2500	-2500

Rok	Investícia €	Prevádzka €	Prínosy €	Čistý tok €	Diskontovaný tok €
1	0	270	650	380	365
2	0	270	650	380	351
3	0	270	650	380	338
4	0	270	650	380	325
5	0	270	650	380	312
6	0	270	650	380	300
7	0	270	650	380	289
8	0	270	650	380	278
9	0	270	650	380	267
10	0	270	1150	880	594

Peňažný tok je v roku realizácie záporný vo výške investície 2 500 €. V ďalších rokoch sa opakuje kladný čistý tok 380 € a v desiatom roku sa pripočítava zostatková hodnota 500 €. Diskontovanie znižuje význam vzdialenejších prínosov, napriek tomu sa investícia v modelovom horizonte vyrovná a vytvára kladnú čistú súčasnú hodnotu.

6.2 Spomaľovanie odtoku na lesných cestách

Rok	Investícia €	Prevádzka €	Prínosy €	Čistý tok €	Diskontovaný tok €
0	2200	0	0	-2200	-2200
1	0	300	900	600	577
2	0	300	900	600	555
3	0	300	900	600	533
4	0	300	900	600	513
5	0	300	900	600	493
6	0	300	900	600	474
7	0	300	900	600	456
8	0	300	900	600	438
9	0	300	900	600	422
10	0	300	1200	900	608

Počiatočná investícia 2 200 € je kompenzovaná čistým ročným tokom 600 €. Kumulatívne sa investícia vracia približne v priebehu štvrtého roku. Pravidelnosť prínosu je však podmienená tým, že opatrenia skutočne obmedzia opakované poškodzovanie cesty a budú priebežne udržiavané.

6.3 Biotechnická stabilizácia svahu

Rok	Investícia €	Prevádzka €	Prínosy €	Čistý tok €	Diskontovaný tok €
0	6500	0	0	-6500	-6500
1	0	430	1800	1370	1317
2	0	430	1800	1370	1267
3	0	430	1800	1370	1218
4	0	430	1800	1370	1171

Rok	Investícia €	Prevádzka €	Prínosy €	Čistý tok €	Diskontovaný tok €
5	0	430	1800	1370	1126
6	0	430	1800	1370	1083
7	0	430	1800	1370	1041
8	0	430	1800	1370	1001
9	0	430	1800	1370	963
10	0	430	2800	2370	1601

Pri stabilizácii svahu je počiatočný záporný tok najvyšší, ale zároveň je najvyšší aj čistý ročný prínos. Významnú časť ekonomického efektu tvorí prevencia udalosti s vysokými následkami. Ak by sa svahová deformácia počas hodnoteného obdobia nevyskytla, skutočný finančný prínos by bol nižší; opatrenie však naďalej poskytuje poistný a preventívny účinok.

6.4 Vegetačné protierózne pásy

Rok	Investícia €	Prevádzka €	Prínosy €	Čistý tok €	Diskontovaný tok €
0	3200	0	0	-3200	-3200
1	0	340	850	510	490
2	0	340	850	510	472
3	0	340	850	510	453
4	0	340	850	510	436
5	0	340	850	510	419
6	0	340	850	510	403
7	0	340	850	510	388
8	0	340	850	510	373
9	0	340	850	510	358
10	0	340	1150	810	547

Čistý ročný tok vegetačných pásov je 510 €. Vzhľadom na postupné rozvíjanie vegetácie môže byť skutočný prínos v prvých rokoch nižší a v ďalších rokoch vyšší. Rovnomerné rozdelenie prínosu v tabuľke je zjednodušením, ktoré umožňuje porovnanie s ostatnými opatreniami.

6.5 Prírode blízke pestovné opatrenia

Rok	Investícia €	Prevádzka €	Prínosy €	Čistý tok €	Diskontovaný tok €
0	5000	0	0	-5000	-5000
1	0	480	1200	720	692
2	0	480	1200	720	666
3	0	480	1200	720	640
4	0	480	1200	720	615
5	0	480	1200	720	592
6	0	480	1200	720	569
7	0	480	1200	720	547
8	0	480	1200	720	526
9	0	480	1200	720	506

10	0	480	1700	1220	824
----	---	-----	------	------	-----

Pestovné opatrenia vytvárajú čistý ročný tok 720 €. Prínosy sú rozložené počas celého obdobia a vychádzajú z dlhodobého znižovania rizika. V skutočnosti môžu byť nepravidelné a prejavíť sa najmä v rokoch so suchom, vetrovou alebo podkôrnikovou kalamitou.

7. Súhrnné výsledky ekonomickej efektívnosti

Opatrenie	PV nákladov	PV prínosov	NPV	BCR	Návratnosť (roky)	Ročný ekvivalent nákladov
Malé retenčné a prehradzovacie prvky	4 690 €	5 610 €	920 €	1.20	6.6	578 €
Spomaľovanie odtoku na lesných cestách	4 633 €	7 502 €	2 869 €	1.62	3.7	571 €
Biotechnická stabilizácia svahu	9 988 €	15 275 €	5 287 €	1.53	4.7	1 231 €
Vegetačné protierózne pásy	5 958 €	7 097 €	1 139 €	1.19	6.3	735 €
Prírode blízke pestovné opatrenia	8 893 €	10 071 €	1 178 €	1.13	6.9	1 096 €

Súčasná hodnota nákladov zahŕňa počiatočnú investíciu aj diskontované náklady na údržbu a monitoring. Súčasná hodnota prínosov zahŕňa každoročné modelové prínosy a prípadnú zostatkovú hodnotu. Rozdiel medzi nimi vyjadruje NPV. Kladná NPV znamená, že opatrenie v hodnotenom období vytvára vyššiu ekonomickú hodnotu, než sú jeho modelové náklady.

BCR vyjadruje, koľko eur prínosu pripadá na jedno euro nákladov. Hodnota 1,00 predstavuje hranicu ekonomickej prijateľnosti. Vyššie hodnoty znamenajú väčšiu rezervu efektívnosti. Najvyššiu rezervu dosahujú opatrenia na lesných cestách, zatiaľ čo vegetačné a pestovné opatrenia sa nachádzajú bližšie k hranici prijateľnosti, pretože časť ich prínosov sa ťažšie vyjadruje v eurách.

Doba návratnosti je doplnkový ukazovateľ, ktorý nezohľadňuje diskontovanie ani prínosy po okamihu návratnosti. Je preto vhodný najmä na jednoduché porovnanie rýchlosti návratu počiatočnej investície. Ročný ekvivalent nákladov umožňuje porovnať opatrenia s rozdielnou výškou investície tak, že všetky náklady prepočíta na priemernú ročnú hodnotu.

Najvyšší pomer prínosov a nákladov dosahuje model opatrení na spomaľovanie odtoku na lesných cestách. Dôvodom je relatívne nízka počiatočná investícia a vysoký potenciál znížiť opakované náklady na opravy. Biotechnická stabilizácia svahu má vyššiu investičnú náročnosť, ale zostáva ekonomicky efektívna v lokalite s reálnym rizikom vzniku škody.

Vegetačné a pestovné opatrenia majú nižšiu krátkodobú finančnú návratnosť, ale ich význam rastie po zahrnutí dlhodobých ekosystémových prínosov a znižovania kalamitných rizík.

8. Citlivostná analýza

Citlivostná analýza bola vykonaná pre tri scenáre: nepriaznivý scenár s nákladmi vyššími o 20 % a prínosmi nižšími o 20 %, základný scenár a priaznivý scenár s nákladmi nižšími o 10 % a prínosmi vyššími o 20 %.

Opatrenie	NPV nepriaznivý	BCR nepriaznivý	NPV základný	BCR základný	NPV priaznivý	BCR priaznivý
Malé retenčné a prehradzovacie prvky	-1 140 €	0.80	920 €	1.20	2 511 €	1.59
Spomaľovanie odtoku na lesných cestách	442 €	1.08	2 869 €	1.62	4 833 €	2.16
Biotechnická stabilizácia svahu	235 €	1.02	5 287 €	1.53	9 341 €	2.04
Vegetačné protierózne pásy	-1 472 €	0.79	1 139 €	1.19	3 154 €	1.59
Prírode blízke pestovné opatrenia	-2 615 €	0.75	1 178 €	1.13	4 081 €	1.51

Citlivostná analýza ukazuje, do akej miery sú výsledky závislé od vstupných predpokladov. Nepriaznivý scenár súčasne zvyšuje náklady a znižuje prínosy, čím vytvára konzervatívny záťažový test. Ak BCR zostáva nad hodnotou 1 aj v tomto scenári, opatrenie možno považovať za ekonomicky robustné.

Opatrenia na lesných cestách a stabilizácia svahu majú najvyššiu odolnosť voči zhoršeniu vstupov. Vegetačné a pestovné opatrenia sa pri nepriaznivom scenári môžu dostať pod hranicu ekonomickej prijateľnosti. Neznamená to, že sú nevhodné, ale že ich obhájitelnosť závisí od zahrnutia širších ekosystémových prínosov a od dlhšieho hodnotiaceho obdobia.

Pri nepriaznivom scenári sa ekonomická efektívnosť výrazne znižuje. Najodolnejšie sú opatrenia na lesných cestách a biotechnická stabilizácia svahu. Vegetačné a pestovné opatrenia sú

citlivejšie na rozsah ekonomicky uznaných prínosov, čo potvrdzuje potrebu monitorovať aj ich dlhodobé hydrologické, pôdoochranné a stabilizačné účinky.

9. Analýza bodu zvratu

Opatrenie	Minimálny ročný prínos pre BCR = 1	Modelový ročný prínos	Rezerva
Malé retenčné a prehradzovacie prvky	537 €	650 €	113 €
Spomaľovanie odtoku na lesných cestách	546 €	900 €	354 €
Biotechnická stabilizácia svahu	1 148 €	1 800 €	652 €
Vegetačné protierózne pásy	710 €	850 €	140 €
Prírode blízke pestovné opatrenia	1 055 €	1 200 €	145 €

Minimálny ročný prínos predstavuje bod, pri ktorom sa BCR rovná 1. Rozdiel medzi modelovým prínosom a minimálnym potrebným prínosom je bezpečnostnou rezervou. Veľká rezerva znamená, že aj pri slabšom účinku zostáva opatrenie ekonomicky prijateľné.

Malá rezerva upozorňuje, že výsledok je citlivý na odhad odvrátených škôd. Pri takých opatreniach je potrebné dôsledne evidovať skutočné náklady, výskyt škôd a merateľné zmeny v území, aby sa ekonomický prínos nepreceňoval.

Bod zvratu vyjadruje minimálny priemerný ročný prínos, pri ktorom sa súčasná hodnota prínosov vyrovná súčasnej hodnote nákladov. Čím vyššia je rezerva medzi modelovým prínosom a bodom zvratu, tým je výsledok stabilnejší.

10. Riziká a neistoty

Riziko	Vplyv na ekonomickú efektívnosť	Opatrenie na zníženie rizika
Nesprávne umiestnenie	Nízky účinok a neprimerané náklady	Použiť terénny prieskum, UAV údaje a hydrologické posúdenie.
Nedostatočná údržba	Skrátenie životnosti a pokles prínosov	Zaviest' pravidelnú kontrolu a evidenciu zásahov.
Extrémna udalosť nad návrhovú úroveň	Poškodenie alebo zničenie prvku	Etapizácia, bezpečné prelivy a kombinácia viacerých opatrení.
Nárast cien práce a materiálu	Vyššie investičné a prevádzkové náklady	Aktualizovať rozpočet a využiť miestne materiály.
Nadhodnotenie odvrátených škôd	Nadhodnotený NPV a BCR	Použiť konzervatívne scenáre a skutočné historické údaje.
Nedostatočné monitorovacie údaje	Slabá preukázateľnosť účinku	Prepojiť IoT monitoring, UAV mapovanie a terénne kontroly.

Tabuľka rizík potvrdzuje, že ekonomická efektívnosť nie je vlastnosťou samotného typu opatrenia, ale výsledkom správneho návrhu, umiestnenia, realizácie a údržby. Najväčším rizikom je realizovať opatrenie na mieste, kde nevzniká významná škoda alebo kde jeho kapacita nezodpovedá reálnym podmienkam.

Riziká je potrebné riadiť ešte pred realizáciou pomocou terénneho prieskumu, priestorových údajov, hydrologického posúdenia a variantného návrhu. Po realizácii je rozhodujúca pravidelná kontrola a dokumentovanie porúch, pretože zanedbaná údržba môže výrazne skrátiť životnosť a znížiť ekonomické prínosy.

11. Monitorovanie ekonomickej efektívnosti po realizácii

Ukazovateľ	Jednotka	Frekvencia	Využitie
Skutočné investičné náklady	€	po realizácii	Nahradenie modelového CAPEX reálnou hodnotou.
Ročné náklady na údržbu	€/rok	ročne	Aktualizácia OPEX.
Počet opráv lesnej cesty	počet/rok	ročne	Vyčíslenie odvrátených nákladov.
Objem zachytených sedimentov	m ³	po významných zrážkach	Vyhodnotenie protierózneho účinku.
Poškodená plocha svahu	m ²	polročne a po udalosti	Posúdenie stabilizačného účinku.
Zmeny vegetačného krytu	% alebo index	polročne UAV	Vyhodnotenie účinku vegetačných opatrení.
Kontinuita a intenzita odtoku	čas, hladina, zrážky	kontinuálne IoT	Prepojenie účinku s hydrologickou udalosťou.

Navrhnuté ukazovatele prepájajú finančné údaje s technickým a environmentálnym účinkom. Samotná evidencia nákladov nestačí; je potrebné zároveň sledovať, či sa znížil počet opráv, rozsah erózie, objem sedimentov alebo poškodená plocha svahu.

Kombinácia IoT monitoringu, bezpilotného leteckého mapovania a terénnych kontrol umožní vytvoriť časové rady a porovnať stav pred realizáciou a po nej. Takéto údaje sú základom budúceho ex-post hodnotenia, v ktorom sa modelové prínosy nahradia skutočne preukázanými hodnotami.

Po troch až piatich rokoch sa odporúča spracovať aktualizovanú správu založenú na skutočných nákladoch a monitorovaných účinkoch. Takýto postup umožní prejsť od modelového hodnotenia k ex-post ekonomickému hodnoteniu.

12. Interpretácia výsledkov pre experimentálne územie

V podmienkach experimentálneho územia je ekonomicky najvhodnejšie kombinovať viacero menších opatrení s rozdielnym mechanizmom účinku. Samostatné opatrenie spravidla nerieši celý reťazec rizika. Retenčné prvky, úpravy odtoku, vegetačné pásy a pestovné zásahy sa preto majú chápať ako súbor vzájomne sa dopĺňajúcich riešení.

Z ekonomického hľadiska je vhodné uprednostniť opatrenia v miestach, kde sa opakovane vyskytujú škody alebo kde poškodenie môže zasiahnuť lesnú cestu, svah, vodný tok alebo významnú časť porastu. Cieľená implementácia zvyšuje pomer prínosov a nákladov a znižuje riziko neefektívneho vynaloženia prostriedkov.

13. Záver

Komplexné modelové hodnotenie ukázalo, že vybrané prírode blízke riešenia môžu pri realistických priemerných nákladoch dosahovať kladnú ekonomickú efektívnosť. V základnom scenári všetky hodnotené opatrenia dosahujú kladnú čistú súčasnú hodnotu a pomer prínosov a nákladov vyšší ako 1.

Najvyššiu modelovú efektívnosť dosiahli opatrenia na spomaľovanie odtoku na lesných cestách a biotechnická stabilizácia svahov. Vegetačné a pestovné opatrenia vykazujú dlhší čas návratnosti, ale poskytujú širšie a dlhodobejšie ekosystémové prínosy.

Výsledky sú modelové a majú slúžiť ako odborný a metodický podklad pre záverečné vyhodnotenie projektu. Po získaní skutočných finančných údajov, údajov z IoT monitoringu a opakovaného bezpilotného leteckého mapovania je potrebné výpočty aktualizovať a vykonať ex-post hodnotenie ekonomickej efektívnosti.

Príloha A – Súhrnná karta modelových opatrení

Opatrenie	Rozsah	Investícia	Ročné náklady	Ročný prínos	Životnosť
Malé retenčné a prehradzovacie prvky	5 dreveno-kamenných prehrádzok	2500 €	270 €/rok	650 €/rok	15 rokov
Spomaľovanie odtoku na lesných cestách	10 priečných rozptyľovacích a odvodňovacích prvkov	2200 €	300 €/rok	900 €/rok	10–12 rokov
Biotechnická stabilizácia svahu	stabilizácia približne 300 m ² svahu	6500 €	430 €/rok	1800 €/rok	15–20 rokov
Vegetačné protierózne pásy	približne 500 m vegetačných pásov	3200 €	340 €/rok	850 €/rok	15 rokov
Prírode blízke pestovné opatrenia	modelová plocha 5 ha	5000 €	480 €/rok	1200 €/rok	20 rokov

Súhrnná karta umožňuje rýchle porovnanie rozsahu, investície, ročných nákladov, ročného prínosu a životnosti. Nemožno ju však používať izolovane od metodiky a rozboru. Najnižšia investícia automaticky neznamená najlepšie riešenie; rozhodujúce je, či opatrenie zodpovedá dominantnému riziku a či jeho prínosy pretrvávajú počas predpokladanej životnosti.

Pri výbere kombinácie opatrení je vhodné uvažovať nielen o BCR jednotlivých prvkov, ale aj o ich vzájomnom účinku. Súbor menších opatrení môže mať vyššiu odolnosť a nižšie riziko zlyhania než jedno veľké opatrenie, najmä ak rieši viac častí odtokovej a eróznej dráhy.