

VYHODNOCENÍ RIZIKA A PŘEDPOVĚĎ
PŘÍRODNÍCH POŽÁRŮ
V BEZPROSTŘEDNÍM OKOLÍ
POVRCHOVÝCH ZDROJŮ
🔥 PITNÉ VODY 🔥

METODIKA

Vyhodnocení rizika a předpověď přírodních požárů v bezprostředním okolí povrchových zdrojů pitné vody

Certifikovaná metodika

Název projektu:

Vyhodnocení rizika a návrh opatření pro prevenci vzniku a šíření přírodních požárů v bezprostředním okolí povrchových zdrojů pitné vody včetně zohlednění důsledků změny klimatu.

Číslo projektu: VH20202021053

Koordinátor projektu:

Prof. Mgr. Ing. Miroslav Trnka, Ph.D., Ústav výzkumu globální změny AV, v.v.i

Poskytovatel: Ministerstvo vnitra ČR

Projektový tým:

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.,
Český hydrometeorologický ústav
IFER – Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o.
Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i.
Česká zemědělská univerzita v Praze

Zpracovali:

Koordinátor projektu: Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.,
Bělidla 986/4a, 603 00 Brno

prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. (*koordinující autor*)

Mgr. Lucie Kudláčková

doc. Ing. Petr Čermák, Ph.D.

Bc. Jan Balek

Ing. Jan Novotný, Ph.D.

Mgr. Lucie Homolová, Ph.D.

Ing. Daniela Semerádová, Ph.D.

Mgr. Petr Štěpánek, Ph.D.

Mgr. Pavel Zahradníček, Ph.D.

Mgr. Petr Skalák

Mgr. Monika Bláhová

Mgr. Patrik Benáček, Ph.D.

Ing. Milan Fischer, Ph.D.

RNDr. Pavel Sedlák, CSc.

doc. Ing. Dalibor Janouš, CSc.

prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.

prof. RNDr. Ing. Michal V. Marek, Dr.Sc., dr. H.c.

Řešitel projektu: Český hydrometeorologický ústav

Dr. Ing. Martin Možný (*koordinující autor*)

Ing. Lenka Hájková, Ph.D.

RNDr. Filip Chuchma, Ph.D.

Dr. Mgr. Gryžyna Knozová

Řešitel projektu: IFER – Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o.

RNDr. Jana Beranová (*koordinující autor*)

Ing. Vladimír Zatloukal

Ing. et Ing. Jan Albert

Mgr. Radka Mašková

doc. Ing. Emil Cienciala, Ph.D.

Řešitel projektu: Výzkumný ústav vodohospodářský TGM v.v.i.

Ing. Adam Vizina, Ph.D.

Ing. Magdaléna Nesládková

Ing. Eva Melišová, Ph.D.

Řešitel projektu: Česká zemědělská univerzita.

Prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Recenzenti:

prof. RNDr. Bernard Šiška, Ph.D. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

RNDr. Pavol Nejedlík, CSc., Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied

Mgr. Livia Labudova, Ph.D., Slovenský hydrometeorologický ústav

Schváleno k použití Ministerstvem životního prostředí ČR.

Osvědčení č.j. MZP/2022/020/68

ISBN: 978-80-87902-32-5

Obsah

1 Úvod	5
1.1 Trendy požárního počasí v ČR	6
1.2 Faktory přispívající k šíření požárů	8
1.2.1 Stanoviště na bázi lesnické typologie	9
1.2.2 Vegetační kryt (druhovú skladba, růstové stádium, podrost, podíl souší, prostorové uspořádání)	9
1.2.3 Agronomické faktory	10
1.3 Povrchové zdroje pitné vody v ČR	12
1.4 Specifické poměry okolí povrchových zdrojů pitné vody z pohledu požárního rizika	14
1.5 Trendy výskytu požárně rizikového počasí a výskytu požárů v okolí zdrojů pitné vody	15
1.6 Existující systémy	17
1.6.1 SIVS	17
1.6.2 FireRisk	19
1.7 Motivace zlepšení předpovědi požárního počasí pro okolí vodních zdrojů	19
2 Cíl metodiky	21
3 Vyhodnocení rizika přírodních požárů v okolí vodních zdrojů s příklady konkrétních vodních nádrží	22
3.1 Vyhodnocení trendů požárního počasí v širším okolí nádrží	22
3.1.1 Základní popis	22
3.2 Praktická aplikace	24
3.2.1 VN Švihov	24
3.2.2 VN Vír I	26
3.2.3 VN Vranov	27
4 Zahrnutí specifických mezoklimatických podmínek okolí nádrží	30
4.1 Základní popis	30
4.2 Švihov	32
4.2.1 Popis modelu WindNinja	36
4.3 VN Vír I	39
4.4 VN Vranov	42
5 Vyhodnocení stanovištních charakteristik okolí nádrží	46
5.1 Geomorfologie	46
5.1.1 Základní popis	46
5.1.2 Praktická aplikace	47
5.2 Stanoviště na bázi lesnické typologie a typizace zemědělských pozemků	49
5.2.1 Základní popis	49
5.2.2 Praktická aplikace	52
5.2.3 VN Švihov	53
5.2.4 VN Vír I	54
5.2.5 VN Vranov	55
5.3 Aktuální porostní charakteristiky	56
5.3.1 Základní popis	56
5.3.2 Praktická aplikace	57

5.4	Další rizikové faktory (osídlenost, komunikační a infrastrukturní trasy apod.).....	66
5.4.1	Základní popis	66
5.4.2	Praktická aplikace.....	67
6	Metody pro monitoring, předpověď a odhad budoucí míry aktuálního rizika přírodních požárů	72
6.1	Indexy požárního počasí	74
6.1.1	Fire weather index (FWI).....	74
6.1.2	Forest fire danger index (FFDI).....	74
6.2	Metody lokalizovaného výpočtu indexů požárního počasí	75
6.2.1	Základní popis	75
6.2.2	Praktická aplikace.....	75
6.3	Metody komplexního posouzení požárního rizika	77
6.3.1	Základní popis	77
6.3.2	Praktická aplikace.....	78
7	Vyhodnocení důsledků změny klimatu pro zvýšení míry požárního rizika	85
7.1	Základní popis.....	85
7.2	Očekávaný vývoj požárního počasí v období 2021–2080.....	91
7.2.1	Očekávaný vývoj požárního počasí v období 2021–2080 pro VN Švihov.....	92
7.2.2	Očekávaný vývoj požárního počasí v období 2021–2080 pro VN Vír I.....	93
7.2.3	Očekávaný vývoj požárního počasí v období 2021–2080 pro VN Vranov.....	94
8	Monitoring a předpověď rizika lesních požárů jako nástroj pro operativní redukci míry rizika	95
8.1	Krátkodobé a střednědobé numerické předpovědi požárního počasí	95
8.2	Spolehlivost operativní předpovědi rizika přírodních požárů ansámblem numerických předpovědních model	97
8.3	Začlenění pilotních lokalit do portálu firerisk.cz	100
8.4	Příklad konkrétní situace zvýšeného požárního rizika	103
9	Návod krok za krokem k použití portálu FireRisk/nádrže.cz	105
9.1	Popis + ovládání aplikace Firerisk a Firerisk nádrže.....	105
10	Srovnání a zdůvodnění novosti postupu metodiky.....	107
11	Uplatnění metodiky	108
12	Seznam zkratk	109
13	Seznam použité literatury	110

1. ÚVOD

Přírodní požáry (v terminologii Hasičského záchranného sboru ČR – HZS ČR také požáry v přírodním prostředí) zahrnují primárně požáry lesních porostů, křovin a suché trávy. Tento termín v zásadě odpovídá termínu *wildfires/bushfires* a jde o termín, který zahrnuje všechny nekontrolované, volně se šířící požáry ve výše popsaném prostředí. Pro účely této metodiky budeme tímto termínem rozumět nejen požáry, které vzplály volně v přírodě (např. účinky blesků), ale také požáry, které byly založeny člověkem, ať již úmyslně nebo v důsledku nezodpovědného jednání. V České republice jsou přírodními požáry ohroženy jak lesní společenstva, tak zemědělské kultury, zejména travní porosty. Vzhledem k charakteru krajiny a hustotě osídlení obvykle nedosahují lesní požáry katastrofických rozměrů a následků ve srovnání se suššími (jižní Evropa) nebo lesnatějšími (Švédsko) oblastmi Evropy.

Je zřejmé, že probíhající změny klimatu zvyšují riziko vzniku přírodních požárů ve středoevropském prostoru (např. Jurečka et al., 2019; Možný et al., 2020a) a některé regiony na našem území navíc mají díky svým přírodním předpokladům vyšší riziko vzniku požárů (např. Adámek et al., 2015, 2018). V posledních letech (zejména 2015–2019) zažila česká krajina opakovaně výrazný vláhový deficit, což negativně postihlo zemědělské kultury a lesní porosty (např. Zahradníček et al., 2015; Trnka et al., 2020, 2021). Půdy jsou navíc historicky negativně ovlivněny hospodářskou činností člověka, kterou jako nástroj pro zvýšení její produktivity doprovázelo odvodnění krajiny. Konečným důsledkem tohoto přístupu je současné ohrožení zemědělské produkce, zhoršování stavu půd (eroze, degradace) a chřadnutí lesních porostů (zejména smrku a borovice). To vede nejen k plošnému odumírání lesa doprovázenému mimo jiné nárůstem počtu požárně rizikových suchých stromů, ale také ke snížení dostupnosti vody pro obyvatele (zejména na venkově). Roste tím strategický význam ochrany zdrojů pitné vody.

Ačkoliv převažující bezprostřední příčinou přírodních požárů je nedbalost člověka (pro lesní požáry např. Jankovská, 2006 či Holuša et al., 2018), riziko požáru vegetace se v podmínkách vláhového deficitu pochopitelně výrazně zvyšuje. Přírodní požáry jsou v našich podmínkách většinou časně odhaleny a efektivně hašeny, což spolu s relativně příznivým klimatem (ve srovnání například s podmínkami mediteránními) a relativně vysokým podílem vegetačních či porostních typů s nižší zápalností a hořlavostí stabilizovalo jejich rozlohu – průměrná velikost lesního požáru v jednotlivých letech období 2001–2020 byla pod 1 ha (0,19–0,72 ha). Pro období 1971–2015 byl ovšem pro Českou republiku zaznamenán statisticky významný rostoucí trend počtu požárů vegetace – nárůst 1 400 požárů za 10 let. Velmi silný trend byl zaznamenán ve všech krajích s výjimkou Moravskoslezského, který byl ovlivněn strukturálními změnami v průmyslu a útlumem těžby uhlí. Zatímco roční počet požárů na zemědělských plochách a v přírodním prostředí mimo les (podle statistik HZS ČR, viz <https://www.hzscr.cz/>) se v posledních dvou desetiletích příliš nezměnil, růst počtu lesních požárů zřetelně akceleroval: v období 2001–2010 bylo registrováno 7 521 lesních požárů, v desetiletí 2011–2020 pak téměř 14 100 lesních požárů (tj. 187 % předchozího decenia). Jen v posledních třech letech (2018–2020) bylo v ČR 6 077 lesních požárů.

Rostoucí počet vegetačních požárů lze přičíst rostoucí zápalnosti a hořlavosti vegetace způsobenými jak klimatickými podmínkami, tak zdravotním stavem a vitalitou porostů. Lze odůvodněně očekávat, že při opakovaných suchých a horkých periodách bude narůstat nejen počet požárů, ale poroste také riziko jejich rozhoření na větších plochách. Spolu s tím musíme očekávat komplikace s hašením (rychlý postup požáru, komplikace s dostupností hasební techniky, dostupností vody pro hašení apod.), s uchráněním majetku a zdraví obyvatel a také výrazně vyšší riziko nebezpečných sekundárních dopadů, jako je právě ohrožení povrchových zdrojů pitné vody.

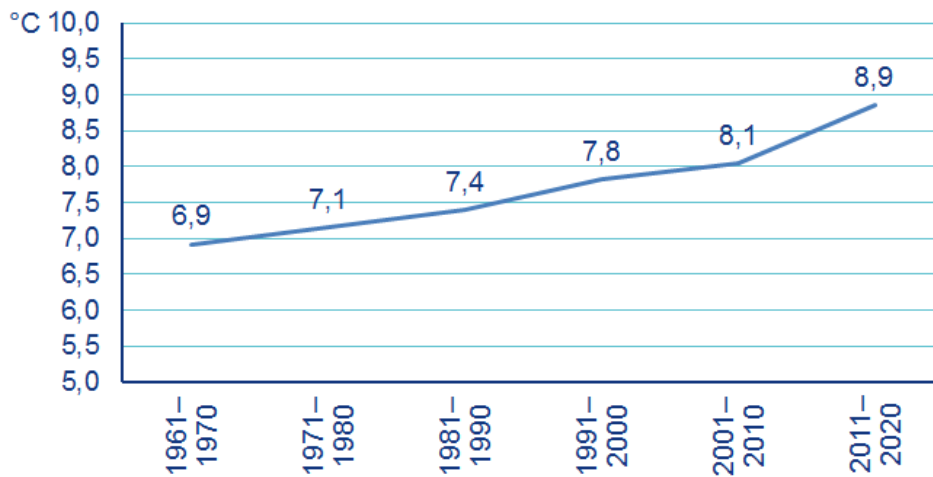
Přírodní požáry mohou v principu ovlivnit zásoby vody a vodní ekosystémy následovně:

1. erozí ze spálených ploch, sesuvy a splachy půdy, dřeva, kůry, popele,
2. změnou vlastnosti tekoucí kapaliny (změna viskozity a přechod na ne-newtonské kapaliny) – toky s velkým podílem popele a jemných částic, které dopraví velké množství látek, které jsou zdrojem znečištění,
3. změnou odtokových poměrů v povodí přítoků – zejména snížením akumulace ve vegetačním krytu, rychlejší odtok vody z požárem postiženého povodí s rizikem přívalových přítoků se všemi důsledky,
4. změnami vlastností vody přitékající do nádrže a tím i zadržovaných zásob vody – například zvýšení množství rozpuštěného uhlíku, zvýšení množství železa, manganu či některých dalších kovů, zvýšené zakalení přitékající vody, vše s důsledkem vyšších nároků na úpravu vody, včetně vyšších nákladů či ohrožením použitelnosti zdroje pro zásobování pitnou vodou,
5. zvýšením splachů a jejich ukládáním v nádrži – přímý i nepřímý (sekundární zejména organogenní znečištění způsobené eutrofizací) negativní vliv na kvalitu vody; zvýšení potřebné frekvence a nákladovosti odstranění sedimentů,
6. zvýšení rychlosti tání sněhu (znečištění přitékající vody, přívalový přítok),
7. změna mikroklimatu a mezoklimatu s možnými důsledky změny vodní bilance území a tím i množství a kvality zadržované vody.

Komplexní vyhodnocení rizika vzniku přírodních požárů a krátkodobé a střednědobé předpovědi jeho vývoje na základě stanovištních a klimatických parametrů se tak stávají klíčovým východiskem jak pro prevenci vzniku větších škod, tak pro optimalizaci a prioritizaci postupů pro včasnou lokalizaci požáru a jeho účinné hašení.

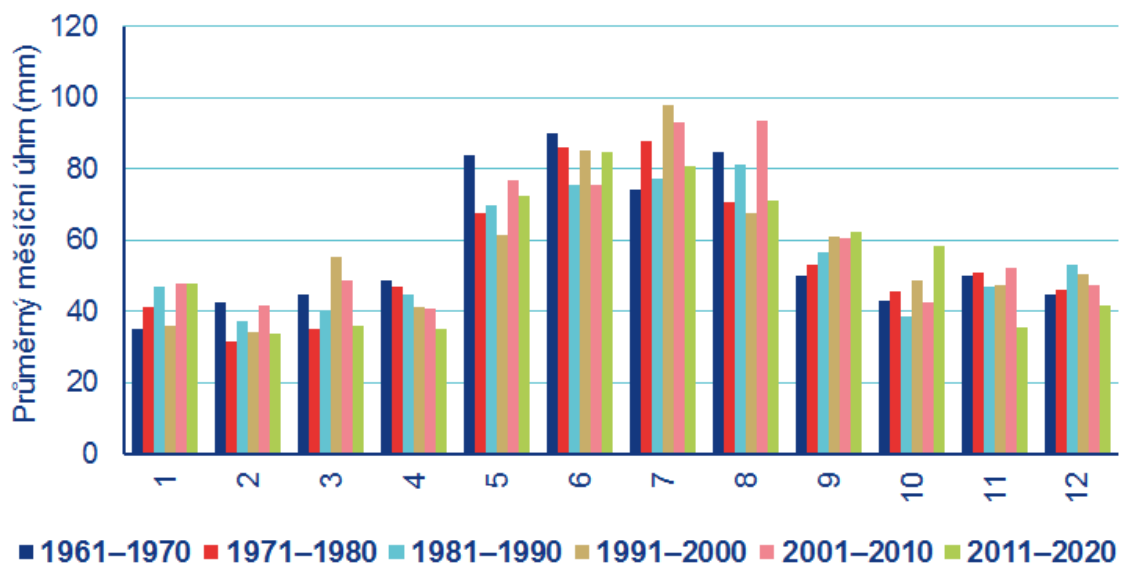
1.1 Trendy požárního počasí v ČR

Pro větší výskyt požárů jsou potřeba vhodné klimatické podmínky, kdy dochází k dlouhotrvajícímu výskytu sucha (Silva, 2018), extrémních teplot a horkých vln (Martín, 2009). Další podmínkou je počasí vhodné pro samotné šíření požárů, jako jsou vyšší teploty a nižší vlhkost vzduchu, vyšší rychlosti větru a nestabilní zvrstvení vzduchu (Coen, 2014). Střední Evropa zatím neměla tak příznivé podmínky pro vznik a šíření přírodních požárů, jako je tomu v jižní části Evropy. Probíhající změna klimatu se zde ale projevuje růstem teplot vzduchu, délkou a intenzitou suchých období a horkých vln a silných větrů při bouřkách (*downbursts*) a nebezpečí vzniku a šíření přírodních požárů se zde zvyšuje. Nejviditelnější změna je u teploty vzduchu, kdy je od 60. let 20. století pozorován postupný růst teplot vzduchu (Obr. 1), který se zintenzivnil především od 80. let 20. století. Průměrná teplota vzduchu v dekadě 2011–2020 byla o 2 °C vyšší než v dekadě 1961–1970. Poslední teplotně podprůměrný rok byl 1996 a od té doby se nám střídají pouze průměrné nebo teplotně nadprůměrné roky. Nejteplejší roky za dobu měření jsme zaznamenali v posledních sedmi letech a byly to 2019, 2018, 2015 a 2014. S nárůstem teploty souvisí vyšší výskyt tropických dnů a horkých vln (vln veder).



Obr. 1. Průměrná teplota vzduchu v jednotlivých dekádách období 1961–2020 ze 110 meteorologických stanic z České republiky.

Srážky v České republice jsou velmi variabilní (Obr. 2). Pouze průměrný měsíční úhrn srážek za měsíc duben s každou další dekádou kontinuálně klesá. Suché a vlhké roky/periody/měsíce se významně střídají. To je důvod, proč u srážek není vykazován statisticky významný trend. Dochází ale ke změně charakteru srážek. Statisticky významně nám roste počet dní s vyššími úhrny srážek, které jsou způsobeny většinou bouřkovou činností v letních měsících. Oproti tomu roste počet a délka epizod, kdy prší jen velmi málo či vůbec. Díky kombinaci toho, že se srážky na území republiky prakticky nemění a zároveň roste teplota vzduchu, tak dochází k nárůstu výparu, který způsobuje vysušování půdy či porostu. To se pak stává vhodným palivem při vzniku požáru.

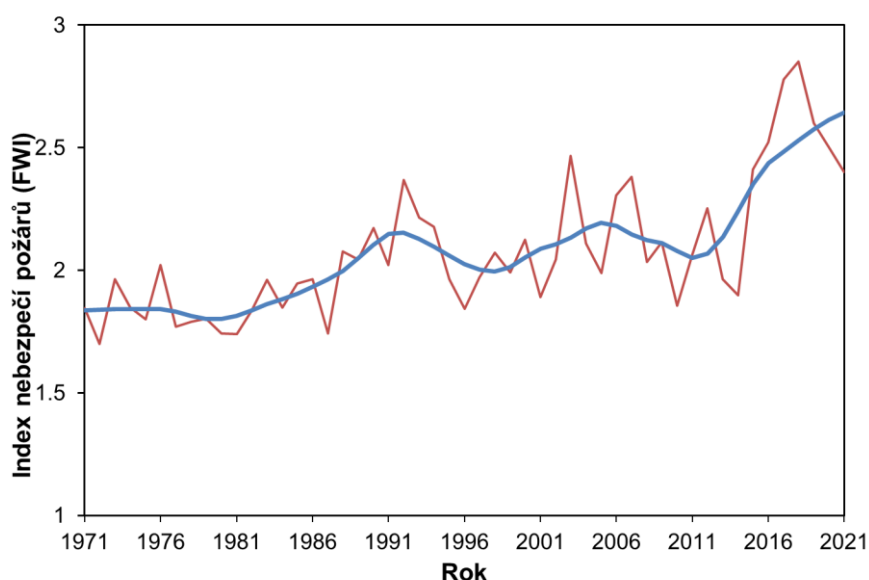


Obr. 2. Průměrný měsíční úhrn srážek v jednotlivých dekádách období 1961–2020 ze 110 meteorologických stanic z České republiky.

Průměrná rychlost větru má v období 1961–2020 klesající trend. Projevuje se to především v letních měsících, kdy například v roce 2018, kdy sucho vrcholilo, to zabránilo ještě většímu množství lesních požárů, než který byl nakonec pozorován. Českou republiku zatím na rozdíl od sousedních zemí po roce 1961 nepostihl velký přírodní požár nad 200 ha. V posledním období zde ale pozorujeme velký

nárůst extrémně silných větrů (*downbursts*) v rámci konvektivních bouří u zemského povrchu v rozmezí metrů až desítek kilometrů. Tyto větrné poryvy přináší sušší vzduch k povrchu a mohou vyvolat vznícení porostu, například díky popadaným drátům vysokého napětí. Již v současnosti pozoruje ČEPS nárůst škod na své energetické přenosové soustavě. Kombinace nestabilního zvrstvení vzduchu s bouřkami provázenými silným větrem může na vymezeném území způsobit ohnivou bouři (*firestorm*) a tím vyvolat velký požár. Proto při kombinaci vhodného počasí můžeme očekávat velký přírodní požár velmi brzy i u nás.

Pro hodnocení trendů požárního počasí byl použit index nebezpečí požárů, který vychází z indexu FWI, který byl kalibrován a validován pro území České republiky. Index hodnotí nebezpečí požárů na stupnici od 1 do 5, která vyjadřuje následky požáru, pokud by došlo ke vznícení vegetace. Pro výpočet indexu se používá teplota a vlhkost vzduchu, rychlost větru a modelová vlhkost půdy při povrchu (Možný et al., 2021). Průměrný index FWI má v období 1971–2021 rostoucí trend (Obr. 3), nebezpečí požárů v České republice vzrůstá. Nárůst lze pozorovat ve všech krajích a to jak v jarním, tak i letním období. Rostoucí index FWI dobře koresponduje s rostoucím počtem výjezdů hasičů k přírodním požárům (Možný et al. 2021, Trnka et al., 2021). Na rozdíl od jihu Evropy, kde nejčastěji hrozí zvýšené indexy nebezpečí požárů téměř po celé vegetační období, v České republice se jedná o kratší období v řádu dnů. Se zvyšující se teplotou a růstem území zasaženým dlouhodobým suchem se ale toto období prodlužuje a vyskytuje se stále častěji (např. zmíněný rok 2018).



Obr. 3. Průměrný index nebezpečí požárů (FWI) za vegetační období (duben až září) 1971–2021 ze 110 meteorologických stanic z České republiky.

1.2 Faktory přispívající k šíření požárů

Mezi nejvýznamnější faktory, které ovlivňují šíření požárů, patří počasí, druh a stav vegetace a charakteristika terénu (topografie). Nejpříznivější podmínky pro šíření požárů jsou v obdobích sucha při vysokých teplotách, nízké vlhkosti vzduchu a větrném počasí.

Kromě meteorologických podmínek hraje důležitou roli i druh a stav vegetace představující množství hořlavého materiálu. K rychlému šíření požárů významně přispívá suchá travní či bylinná vegetace. Velmi dobře hoří i suché kletí, vyschlé borové jehličí a obecně suchá dřevní hmota, která se v lesním porostu nachází, ať už se jedná o odumřelé stromy, těžební zbytky, pařezy nebo kořeny. Pomocí kořenů se navíc oheň může šířit mezi stromy. Dobře hoří i vyschlé dubové a bukové listí, zatímco listí některých jiných listnáčů (např. osiky) odolává vznícení poměrně dobře.

V lesním prostředí patří mezi nejohroženější lokality vřesoviště, jehličnaté porosty s trávou či vřesem a borové porosty na suchých stanovištích. Důležitým faktorem je i expozice, protože slunné svahy lépe vysychají, a tedy i lépe hoří. Na slunných svazích je často nižší zastoupení stromů a vyšší pokryvnost travního či bylinného dorostu, který snadněji a dříve zasychá. Zároveň svažité nebo špatně přístupný terén komplikuje následné hašení požáru.

Negativní vliv na šíření požárů má i bohatá prostorová struktura lesních porostů, kdy se pozemní požár z nízkých mladých porostů a podrostu rozšiřuje v korunový požár zasahující vyšší patro porostu. Důležitou roli hraje i blízkost vodních zdrojů a dostupnost dané lokality (např. pomocí lesních cest).

V následujícím přehledu jsou rizikové faktory stručně popsány (Trnka et al. 2020).

1.2.1 Stanoviště na bázi lesnické typologie

Stanovení požárního rizika z hlediska stanoviště vychází z lesnické typologie, která je v ČR legislativně zakotvena v příloze č. 2 vyhlášky 298/2018 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Uvedená příloha obsahuje přehled tzv. souborů lesních typů (SLT). SLT jsou jednotky sdružující lesní typy (LT) na základě podobnosti růstových poměrů. Ty jsou podkladem pro diferenciaci lesnického hospodaření. Do hodnocení míry rizika požárů podle charakteru stanoviště implicitně vstupují: i) vláhové poměry stanoviště, ii) morfologie terénu, potenciální charakter iii) přízemní a iv) dřevinné vegetace a některá další hlediska. Jejich popis, včetně možného dopadu měnícího se klimatu v ČR, je uveden v kapitole 5.2.

1.2.2 Vegetační kryt (druhovú skladba, růstové stadium, podrost, podíl souší, prostorové uspořádání)

Charakter vegetace výrazně ovlivňuje riziko vzniku a šíření požárů v krajině. U lesních porostů má vliv druhová skladba a charakter přízemní vegetace, růstové stadium (věk) a zápoj, zdravotní stav porostu (podíl souší), množství odumřelé organické hmoty a prostorové uspořádání lesa (horizontální a vertikální struktura) včetně kontextu s nelesními prvky využití území v krajině.

Jednotlivé prvky charakterizující vegetaci spolu evidentně úzce souvisí.

- Z hlediska dřevinné skladby je potřebné vylišit porosty borovice s ohledem na vyšší podíl pryskyřic a obecně světlý charakter porostu se snadno zápalnou vegetací v podrostu. Ostatní jehličnany a zejména listnáče mají obecně riziko požáru nižší. Obdobně je významné hodnocení druhového složení spodní etáže. Druhové složení porostu lze zjistit z produktů dálkového průzkumu Země (DPZ) a z platných lesních hospodářských plánů (LHP).
- Věk porostů dobře koresponduje s věkovými stadii hospodářského lesa. Z hlediska požárního rizika jsou obecně nebezpečnější raná stadia – holina a kultura (do 10 let), které korespondují s vyšším množstvím těžebních zbytků a buřeně a nedostatečným zástínem, což negativně ovlivňuje specifické mikroklima stanoviště (vyšší povrchová teplota). S postupujícím věkem požární riziko přechodně klesá. Ve starých porostech s nižším korunovým zápojem a rozvinutým travinným podrostem může riziko vzniku pozemního požáru znovu narůstat vzhledem k snadnému prosychání podrostu. Věk porostních skupin je uveden v LHP, ale lze na něj usuzovat také na základě růstové fáze z produktů DPZ.
- Zápoj porostu je obvykle činitelem, který výrazně ovlivňuje mikroklima a podrost. Prosvětlený porost může přispět k vysychání stanoviště a rozvoji hořlavé přízemní vegetace. Na druhé straně, rozvolněný porost snižuje riziko šíření korunového požáru. Zápoj se určuje pomocí technik DPZ, ale lze na něj usuzovat i na základě zakmenění porostu, což je informace uvedená v LHP.

- Významným činitelem je zdravotní stav porostu – s rostoucím podílem souší a hořlavého materiálu a prosvětlením stanoviště se požární riziko obecně zvyšuje. Podíl souší a proředení porostu lze určit odhadem, cíleným pozemním monitoringem nebo pomocí nástrojů DPZ.
- Prostorová struktura vegetace
 - o Bohatší horizontální struktura porostu obecně snižuje riziko rychle se šířícího korunového požáru tím, že není vytvořeno souvislé korunové patro na větší ploše.
 - o Bohatší vertikální struktura může snižovat riziko vzniku požáru celého porostu v případě, že spodní etáže jsou tvořeny hůře hořlavými listnáči (zejména pod dospělým jehličnatým porostem), které snižují riziko přenosu požáru do horní etáže. V případě, že jsou všechny etáže tvořeny jehličnany, mohou spodní etáže naopak přenos požáru do horní etáže usnadnit.
 - o Specifickým případem jsou pak lesy s bohatou vertikální i horizontální strukturou (výběrný les a lesy jemu blízké). V nich je riziko vzniku požáru obvykle nízké i díky bohaté dřevinné skladbě, se kterou je tento typ lesa většinou spojen. V případě vzniku požáru je obtížná jeho lokalizace a hašení vzhledem k šíření požáru zpravidla více směry a hořením celého porostu (může docházet k opakovanému přenosu požáru z pozemního do korun).

Prostorový kontext – riziko vzniku a šíření požáru se snižuje s větší prostorovou heterogenitou územního pokryvu, tj. střídání lesních a nelesních prvků a vlastní členitost lesní a polní vegetace. Možné posouzení prostorové heterogenity územního pokryvu je popsáno samostatně v textu níže.

1.2.3 Agronomické faktory

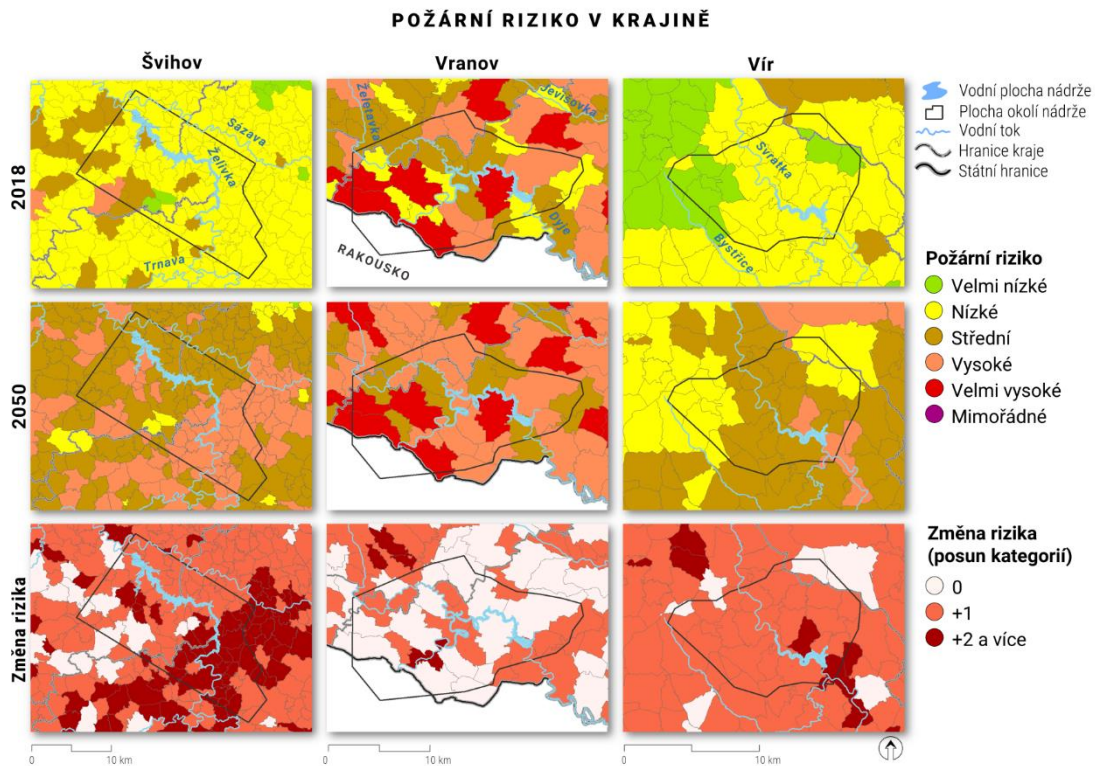
V prvé řadě je nutné zdůraznit, že zemědělská vegetace je po většinu času přirozenou překážkou šíření přírodních požárů a tím se od lesních porostů zásadně liší. Holá půda, nezapojený porost a také porost v hlavních fázích růstu obsahuje příliš velké množství vody a současně relativně malý objem sušiny s nízkou hořlavostí na to, aby šíření požárů umožnil nebo dokonce usnadnil. Nicméně v době mezi dosažením fyziologické zralosti a sklizní se situace dosti radikálně mění. Při déletrvajícím období beze srážek v období po dosažení fyziologické zralosti jsou porosty řady v krajině dominantních plodin naopak velmi rizikové, ať jde o obiloviny, olejniny či trvalé travní porosty. V této době – a jde o období v délce několika dnů až týdnů v závislosti na průběhu sezóny a rychlosti sklizně – představuje zemědělská vegetace výrazné riziko vzniku a šíření požárů v krajině.

Jednotlivé prvky charakterizující vegetaci na zemědělské půdě a také konfigurace terénu a celková klimatická charakteristika území spolu úzce souvisí. Po většinu roku považujeme i v rámci této metodiky zemědělskou půdu za překážku šíření přírodních požárů. Při kombinaci meteorologických faktorů a rizikové fenologické fáze se ale ze zemědělské půdy stává riziková plocha, která může být místem, kde přírodní požár vzniká nebo mostem, který umožní šíření z jedné lesní plochy na další. Pro posouzení míry rizika uvádíme klíčové faktory, které je zapotřebí uvážit při subjektivní analýze:

- Nejdůležitějším faktorem je druh polní plodiny, přičemž platí, že některé (např. okopaniny) nepředstavují riziko v žádné ze svých vývojových fází. U obilovin a řepky s ohledem na velmi podobný termín sklizně dochází k souběhu rizika poměrně velkých ploch v rámci farmy/katastru. Jak reálné toto riziko je, závisí na aktuálních povětrnostních podmínkách. U dalších plodin sklizených později než výše zmíněné obiloviny a řepka (mák, slunečnice, len olejný, kukuřice na zrno a trvalé travní porosty) není požární riziko zanedbatelné, nicméně nastává později, většinou ke konci léta (srpen až září).

- Druhým faktorem kromě relativní četnosti typů plodin je souvislost pokryvu. S ohledem na požární riziko je třeba na území pohlížet nikoliv prizmatem jednotlivých plodin, ale jejich skupin, tj. plodin rizikových a níže rizikových. Hodnotí se pak velikost souvislé plochy v území, které jsou osety stejným typem plodin, které od sebe nejsou odděleny překážkou a která by případné šíření požáru zpomalila nebo zastavila. Zde lze hodnotit jak maximální velikost takové souvislé plochy, tak velikost obvyklou (např. medián).
- Podstatným faktorem jsou pak v případě zemědělských pozemků lokální podmínky, které v krátké době, kdy jsou zemědělské kultury požárně rizikové, mohou výrazně urychlit vznik požárně příznivé situace. Jde zejména o výsušnost půdy, expozici a sklon pozemku. V případě výsušných půd nastupuje rychleji stres suchem (a tedy i zráním), porosty rychleji prosychají a ztrácejí vodu. Expozice a sklonitost svahu dosti výrazně ovlivňují rychlost tohoto vysychání, přičemž sklon svahu může následně urychlovat šíření požáru.
- Posledním námi uvažovaným faktorem je celkový vodní režim krajiny. Pokud se jedná o území s převahou srážek nad evapotranspirací (a tedy promyvným nebo alespoň vlhkým půdně klimatickým režimem), setkáme se v území i v rámci bloků zemědělské půdy s řadou výrazně vlhčích stanovišť, které budou případný vznik a šíření požáru brzdit nebo dokonce znemožňovat. V oblastech s výraznou převahou evapotranspirace nad srážkami nic takového čekat nelze, a naopak zde lze očekávat relativně nejrychlejší šíření případného požáru.

Celkové riziko přírodních požárů v krajině, které je dáno přítomností jak lesních stanovišť, tak zemědělských ploch, je zobrazeno na Obr. 4. Riziko je vyhodnoceno v prostorové jednotce katastrálního území, přičemž se preferuje vždy vyšší kategorie rizika z dvojice lesní stanoviště/zemědělská půda. Pro velmi vysoké riziko na obou typech stanovišť se vylišuje dodatečná kategorie mimořádného nebezpečí.



Obr. 4. Kombinované stanovištní riziko přírodních požárů v krajině v celoplošném zobrazení pro nedávný/aktuální stav (2018), projekce k roku 2050 a změna rizika.

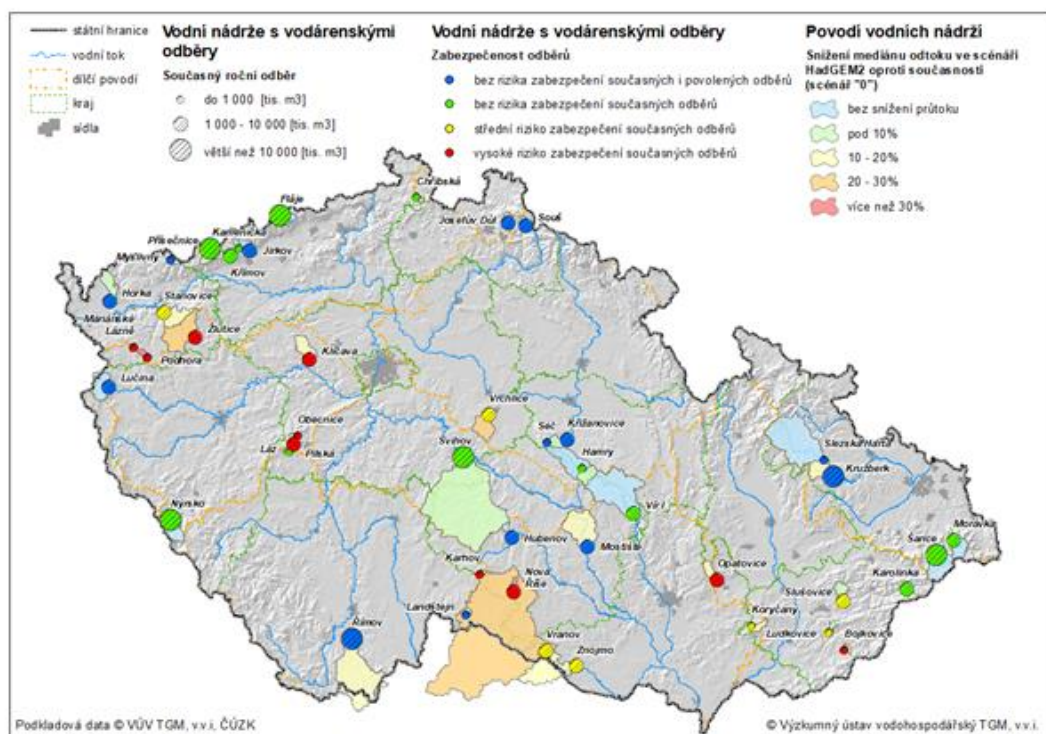
1.3 Povrchové zdroje pitné vody v ČR

Podle aktuálních dat evidovaných pro potřebu sestavení vodní bilance je z povrchových vodních zdrojů (z vodních nádrží a rovněž z profilů pod nádržemi, do kterých je z nádrží nadlepšováno) zajišťováno přibližně 50 % z celkového množství odebraného pro zásobování pitnou vodou z veřejných vodovodů (Vizina a kol., 2021). Pilotní vodní nádrž Švihov s Úpravnou vody Želivka plní roli hlavního zdroje pitné vody pro hlavní město Prahu. S maximální kapacitou na úrovni 3 m³/s a s počtem zásobovaných obyvatel přibližně 1,3 milionu v Praze, Středočeském kraji a v Kraji Vysočina je nejvýznamnějším zdrojem pitné vody v ČR. Vodní nádrž Vír představuje druhý nejvýznamnější zdroj pitné vody pro Brno a dále zásobuje pitnou vodou rozsáhlou část Kraje Vysočina. Voda je upravována v úpravně vody Vír a v úpravně vody Švařec. Úpravna vody Vír má kapacitu přibližně 90 l/s, úpravna vody Švařec 1150 l/s. Nádrž Vranov je víceúčelovou vodní nádrží a nepatří mezi vodárenské nádrže uvedené ve vyhlášce č. 137/1999 Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží. Voda odebraná z nádrže Vranov je upravována v úpravně vody Štítary a představuje zdroj pitné vody pro rozsáhlou část Kraje Vysočina a podílí se na zásobování pitnou vodou jaderné elektrárny Dukovany. Úpravna vody Štítary dosahuje maximální výrobní kapacity 200 l/s.

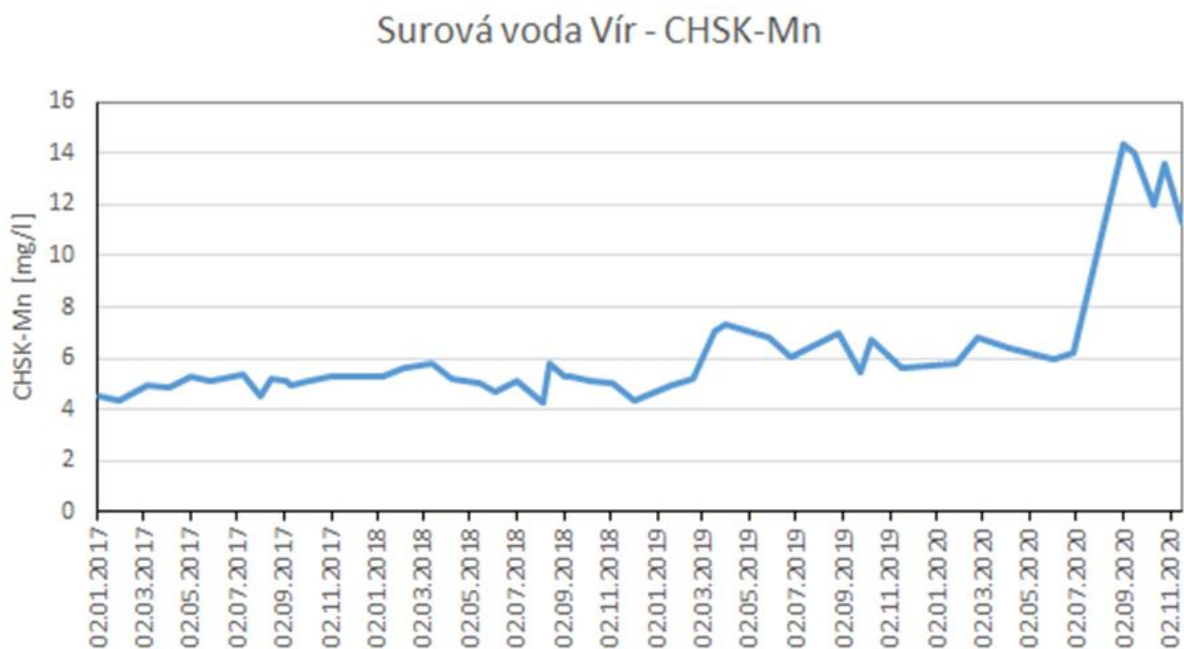
Pro vodárenské nádrže v ČR proběhlo vyhodnocení dopadů klimatické změny na zabezpečení vodárenských odběrů k výhledovému období 2050. Výsledky zachycuje obrázek Obr. 5. Z celkového počtu 45 vodárenských nádrží v ČR šest zaznamenává střední riziko nedostatečného zabezpečení odběrů vody do budoucnosti (Koryčany, Ludkovice, Slušovice, Vranov–Znojmo, Vrchlice) a deset nádrží pravděpodobně nebude schopno do budoucnosti zajistit požadované odběry s potřebnou zabezpečeností (Stanovice, Žlutice, Pilská, Obecnice, Opatovice, Bojkovice, Mariánské Lázně – Podhora, Klíčava a Nová Říše). Tyto výsledky však nezahrnují riziko ohrožení zabezpečení vodárenského odběru z hlediska nevyhovující jakosti surové vody.

Jakost surové vody v nádrži může být nepříznivě ovlivněna řadou skutečností včetně změny vegetačního pokryvu. Ze zkušeností z let 2019 a 2020 vyplývá, že vlivem odlesnění v povodí dochází následně ke zhoršení zejména ukazatelů jakosti surové vody indikujících organické znečištění. Kalamitní těžba, která probíhá v posledních letech v souvislosti s odumřením smrkových kultur, vedla v roce 2020 k ohrožení jakosti vody v nádrži Vranov a rovněž v nádrži Vír. K ohrožení jakosti surové vody došlo zejména díky malému objemu vody v nádržích po několikaletém suchu v období let 2015 až 2019 a následných intenzivních deštích v létě 2020.

Nejvíce problematickým parametrem jakosti vody z hlediska její následné úpravy byl pro dotčené úpravny vody obsah organických látek hodnocený pomocí ukazatele CHSK–Mn. Pro nádrž Vír se maximální hodnoty pohybují do cca 8 mg/l. V roce 2020 byly zaznamenány hodnoty na úrovni až 14 mg/l (viz graf na obrázku Obr. 6). Podobně bylo zhoršení ukazatele CHSK–Mn zaznamenáno i na nádrži Vranov, kde maxima dosáhla hodnoty 9 mg/l. Nepříznivý vývoj byl dále zaznamenán u obou nádrží u parametrů barva a huminové látky. Legislativně jsou limitní hodnoty ukazatelů jakosti surové povrchové vody zakotveny v příloze č. 13 vyhlášky č. 428/2001 Sb. kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Lesní požáry v povodí vodárensky využívaných nádrží budou mít pravděpodobně analogický dopad na jakost surové vody jaký má již probíhající kalamitní těžba v lesích.



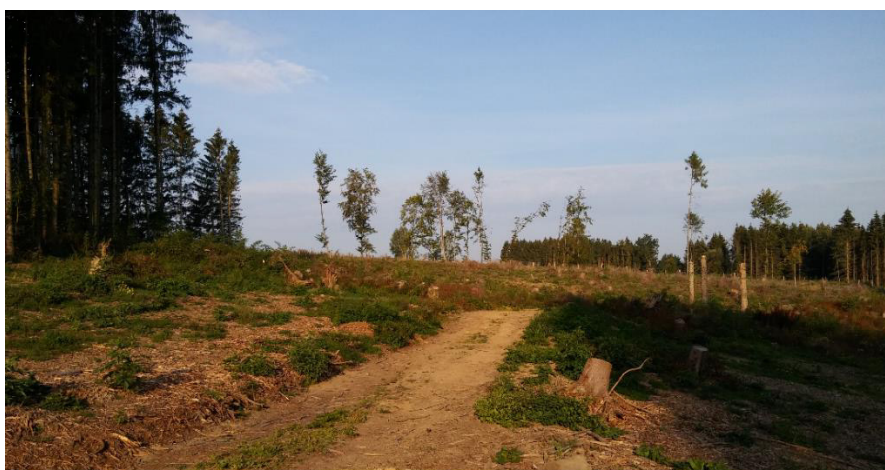
Obr. 5. Riziko nedostatečného zajištění požadavků na vodárenské odběry v podmínkách klimatické změny (Vizina a kol., 2021).



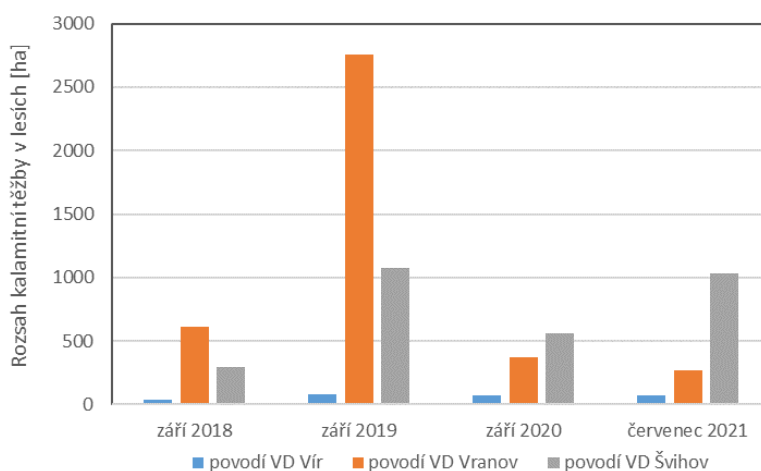
Obr. 6. Vývoj ukazatele jakosti surové vody odebírané z nádrže Vír v letech 2017 až 2020 – CHSK-Mn. Zdroj dat: <https://surovavoda.chmi.cz/>.

1.4 Specifické poměry okolí povrchových zdrojů pitné vody z pohledu požárního rizika

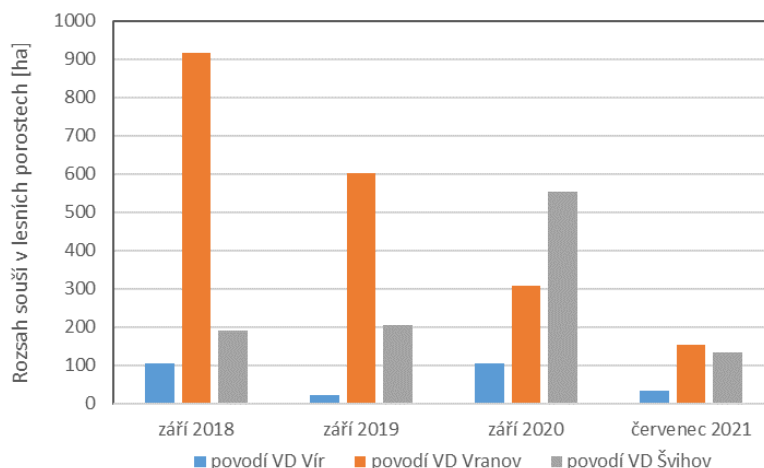
Při hodnocení zranitelnosti jednotlivých nádrží vůči přírodním požárům je nutné přihlídnout k nebezpečí rizika výskytu požáru, sklonu svahů a erozi půdy. V okolí nádrží Švihov a Vír je omezený pohyb lidí v bezprostředním okolí nádrže, hrozí zde proto menší pravděpodobnost vzniku požárů vlivem lidské činnosti. Na druhou stranu povodí i samotnou nádrž Švihov protíná velmi vytížená dálnice D1, která riziko zvyšuje. Okolí nádrže Vranov nad Dyjí má rekreační využití. Zvláště v letním období zde hrozí zvýšené nebezpečí vzniku požárů zaviněné lidskou neopatrností. Požární riziko v povodí pilotních vodních nádrží ovlivňuje rozsah kůrovcové kalamity, která postihla lesní porosty v ČR v posledních letech. V roce 2018 byla zahájena masivní těžba dřeva a došlo tak ke zvýšení erozní ohroženosti (Obr. 7). Rozsah těžby v ploše pilotních povodí v letech 2018–2021 udává graf na Obr. 8. Na povodí nádrže Vír činil celkový rozsah těžby v letech 2018–2021 256 ha (přibližně 0,6 % plochy povodí), na povodí nádrže Vranov to bylo za stejné období 4006 ha (3,6 % plochy české části povodí) a na povodí nádrže Švihov 2964 ha (2,5 % plochy povodí). Riziko požáru zvyšuje výskyt souší v lesních porostech. Odhadovaný rozsah souší na povodí nádrží Švihov, Vír a Vranov v letech 2018–2021 uvádí graf na obrázku Obr. 9. Dopady kůrovcové kalamity tak navyšují požární riziko zejména v povodí nádrží Vranov a Švihov, méně v povodí nádrže Vír.



Obr. 7. Ukázka zahájení masivní těžby dřeva v okolí nádrže Švihov v roce 2020.



Obr. 8. Rozsah kalamitní těžby dřeva v lesích na povodí pilotních nádrží v letech 2018–2020, zdroj dat: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.



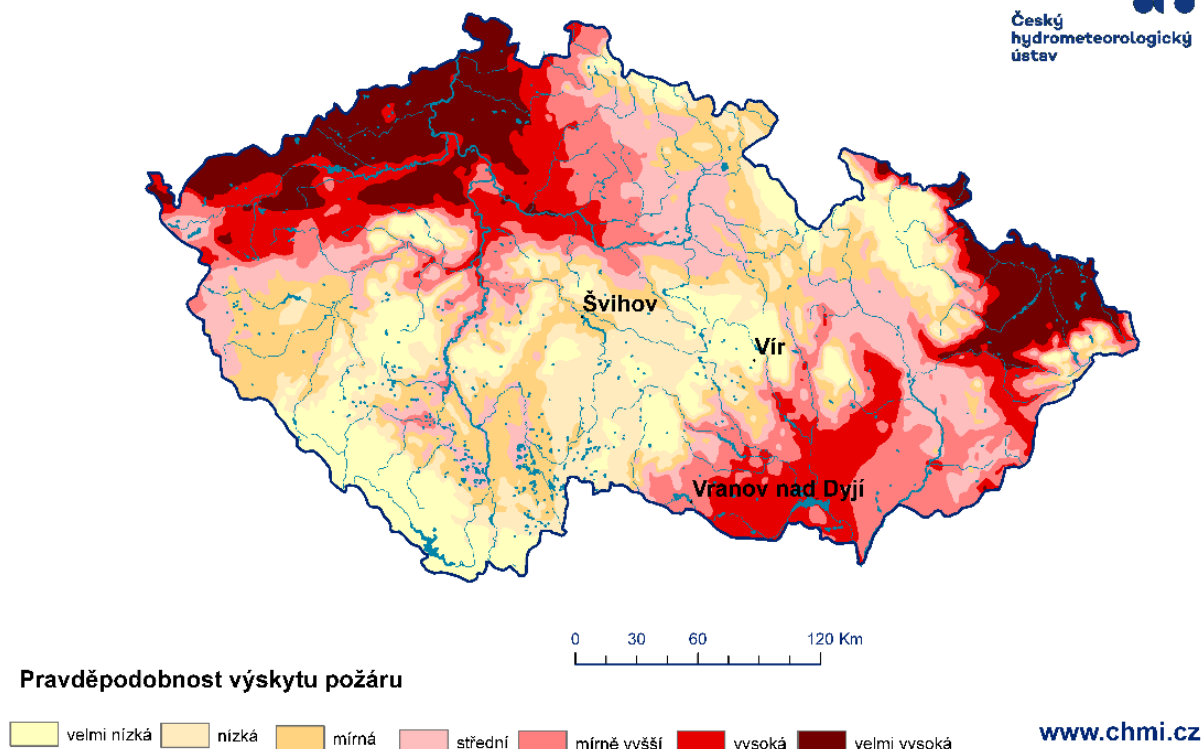
Obr. 9. Rozsah souší v lesích na povodí pilotních nádrží v letech 2018–2020, zdroj dat: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.

1.5 Trendy výskytu požárně rizikového počasí a výskytu požárů v okolí zdrojů pitné vody

HZS ČR má k dispozici záznamy o výskytu přírodních požárů (lesních a travních porostů) získané na základě konkrétních výjezdů hasičů k požárům. Databáze není v čase zcela homogenní a úplná, ale lepší data o konkrétních požárech na území ČR nejsou k dispozici. Největší pravděpodobnost výskytu přírodních požárů je podle dat HZS ČR z období 1976–2019 pro zkoumané tři nádrže v okolí nádrže Vranov, kde je pravděpodobnost požárů mírně vyšší. Na Švihově převládá pravděpodobnost požárů mírná, nejnižší je u vodní nádrže Vír, kde převládá nízká pravděpodobnost (v blízkosti hráze je mírná), (Obr. 10). Byla analyzována i data z družicového pozorování (VIIRS a MODIS) za období 2012–2020. Družice MODIS má menší rozlišení (1 km) než VIIRS (0,375 km). Toto pozorování je vzhledem k menšímu rozlišení obou družic schopno zachytit pouze větší požáry. Nejvyšší výskyt větších přírodních požárů byl zaznamenán v okolí Želivky (Obr. 11), souvisí většinou s lidskou činností (sídla, blízkost dálnice). Vyšší počet větších požárů byl detekován i v okolí nádrže Vranov, naopak nejmenší v okolí nádrže Vír.

Pravděpodobnost výskytu požáru v blízkosti v. n. Švihov, Vír a Vranov nad Dyjí na základě dat HZS za období 1976-2019

Český
hydrometeorologický
ústav

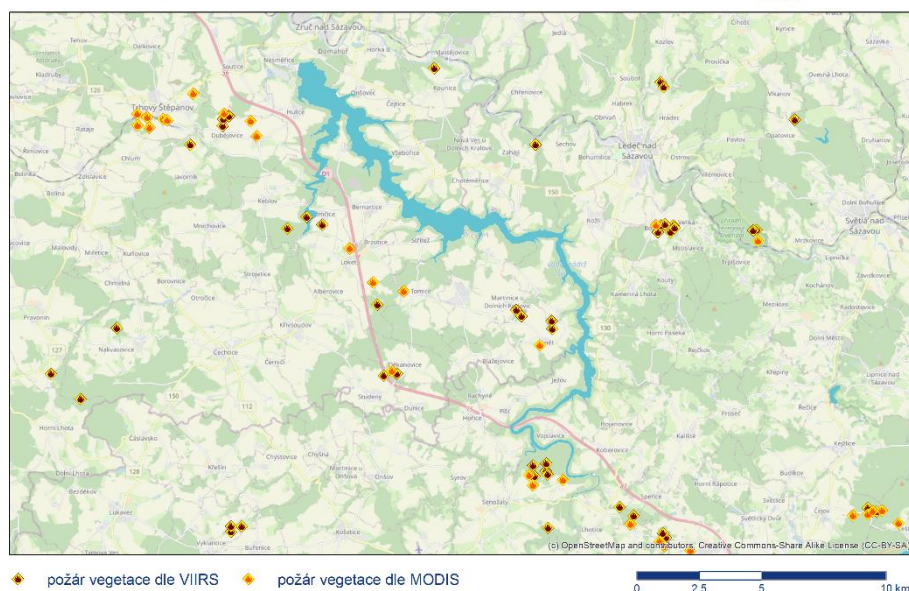


Obr. 10. Pravděpodobnost přírodních požárů na území České republiky v období 1976–2019 podle dat HZS ČR.

Požáry vegetace v blízkosti v. n. Švihov (Želivka)

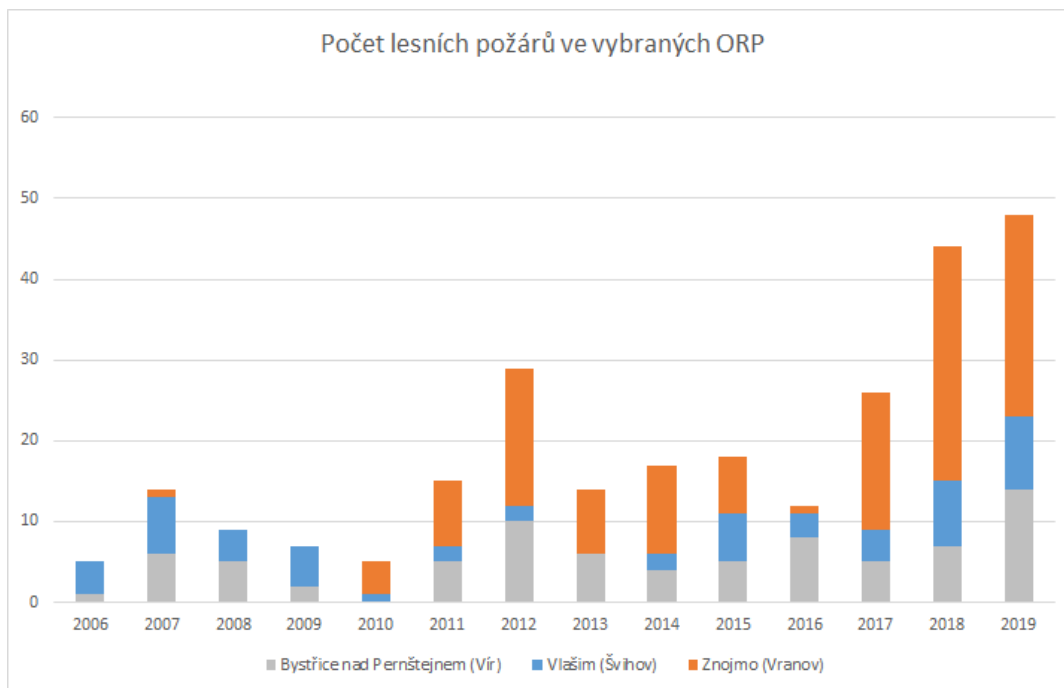
na základě družicových dat VIIRS a MODIS v období 01/2012 až 10/2020

Český
hydrometeorologický
ústav



Obr. 11. Ukázka výskytu plošně rozsáhlejších přírodních požárů detekovaných družicovým pozorováním v letech 2012–2020 v okolí nádrže Švihov.

V okolí všech zkoumaných nádrží je velmi dobře patrný rostoucí trend počtu přírodních požárů. Dokumentuje to i počet lesních požárů v letech 2006–2019 v obcích s rozšířenou působností (ORP) poblíž nádrží podle HZS ČR (Obr. 12).



Obr. 12. Vývoj počtu lesních požárů ve vybraných ORP v okolí nádrží v letech 2006–2019.

1.6 Existující systémy

1.6.1 SIVS

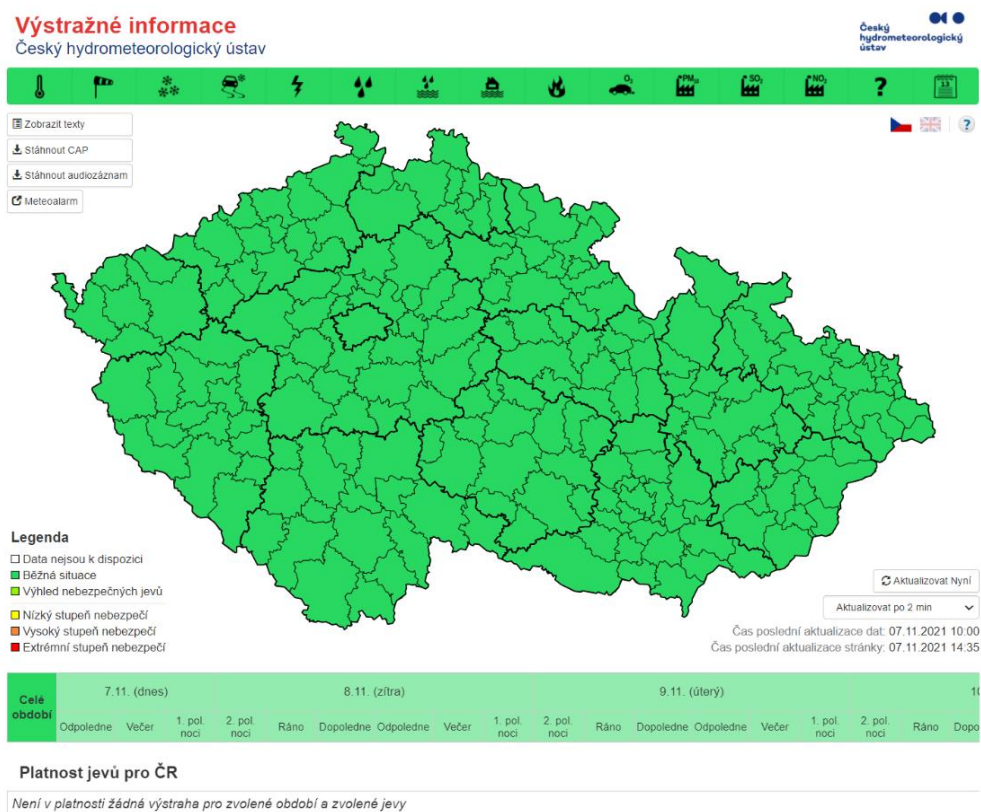
Systém integrované výstražné služby (SIVS) je společně poskytovaná výstražná služba Českého hydro-meteorologického ústavu (ČHMÚ) ve spolupráci s meteorologickou službou armády ČR. Výstražné informace SIVS vydává centrální předpovědní pracoviště ČHMÚ v Praze v souladu s doporučením Světové meteorologické organizace (www.wmo.int) a filozofií evropského výstražného systému Meteoalarm (www.meteoalarm.org) poskytujícím nejdůležitější informace před následky nebezpečných jevů počasí očekávaných v rámci Evropy. Výstrahy jsou vydávány na nebezpečné meteorologické a hydrologické prvky a jevy rozdělené do osmi skupin. Každý z jevů může mít rozdílnou úroveň nebezpečí. Ta se přiřazuje na základě vyhodnocení kombinace očekávané intenzity nebezpečného jevu a pravděpodobnosti jeho výskytu. Intenzita nebezpečného jevu je výstražné informaci stanovena na základě kritérií pro vydávání výstražných informací. Tato kritéria byla určena na základě statistické četnosti výskytu jednotlivých jevů a obvyklých následků (způsobené škody na majetku a infrastrukturu, ohrožení zdraví a lidských životů), ke kterým tyto nebezpečné jevy zpravidla vedou. Pravděpodobnost výskytu nebezpečného jevu je vyjádřena třemi úrovněmi odrážejícími míru nejistoty předpovědi výskytu a konkrétní lokalizace jevu v okamžiku, kdy je předpovídán, resp. pozorován: nízká pravděpodobnost ($P < 50 \%$), vysoká pravděpodobnost ($P > 50 \%$) a pozorovaný jev ($P = 100 \%$). V rámci SIVS se rozlišují dle kombinace očekávané intenzity jevu a pravděpodobnosti jeho výskytu 3 úrovně nebezpečí rozlišené na výstražné mapě barevně: nízký stupeň nebezpečí (žlutá), vysoký stupeň nebezpečí (oranžová) a extrémní stupeň nebezpečí (červená).

Výstrahy jsou vydávány v protokolu CAP (Common Alerting Protocol), což je zpráva určená k předávání informací o nebezpečných meteorologických a hydrologických jevech a o vyhlášených informacích smogového varovného a regulačního systému (SVRS) při zvýšených koncentracích škodlivých látek v ovzduší formou XML souboru, a to pro území jednotlivých obcí s rozšířenou působností (ORP).

Výstrahy před nebezpečím požárů jsou vydávány pro nízký a vysoký stupeň nebezpečí. Hlavním podkladem pro vydání výstrahy je předpověď indexu nebezpečí požárů na následujících 7 dnů. Pokud hrozí, že index dosáhne hodnoty 4 (vysoké riziko), resp. 5 (velmi vysoké riziko) po dobu několika dnů, je situace konzultována s Hasičským záchranným sborem a následně vydána výstraha před nebezpečím požárů. Podkladem pro vyhlášení výstrah jsou předpovědi vydávané na portále firerisk.cz. Většina nebezpečných jevů uvedených v SIVSu má velmi krátkou dobu trvání často jen několik hodin. Naproti tomu nebezpečí požárů může být vyhlášeno na dobu až několika dnů.

V případě větších zásahů hasičů je poskytována i průběžná, po 6 h počítaná hodinová předpověď požárního počasí a letecká předpověď ve vysokém rozlišení tak, aby byl zásah co nejefektivnější. Jedním z podobných zásahů byl požár „Moravské Sahary“ u Bzence s výměrou 174 ha v květnu 2012. Požár se podařilo zvládnout jen díky enormnímu nasazení hasičů a odpovídající techniky. Zásahu se zúčastnilo 208 hasičských jednotek, 1500 osob, 3 vrtulníky, 3 letadla a 1 speciální tank a bylo při něm spotřebováno 22 tisíc m³ vody.

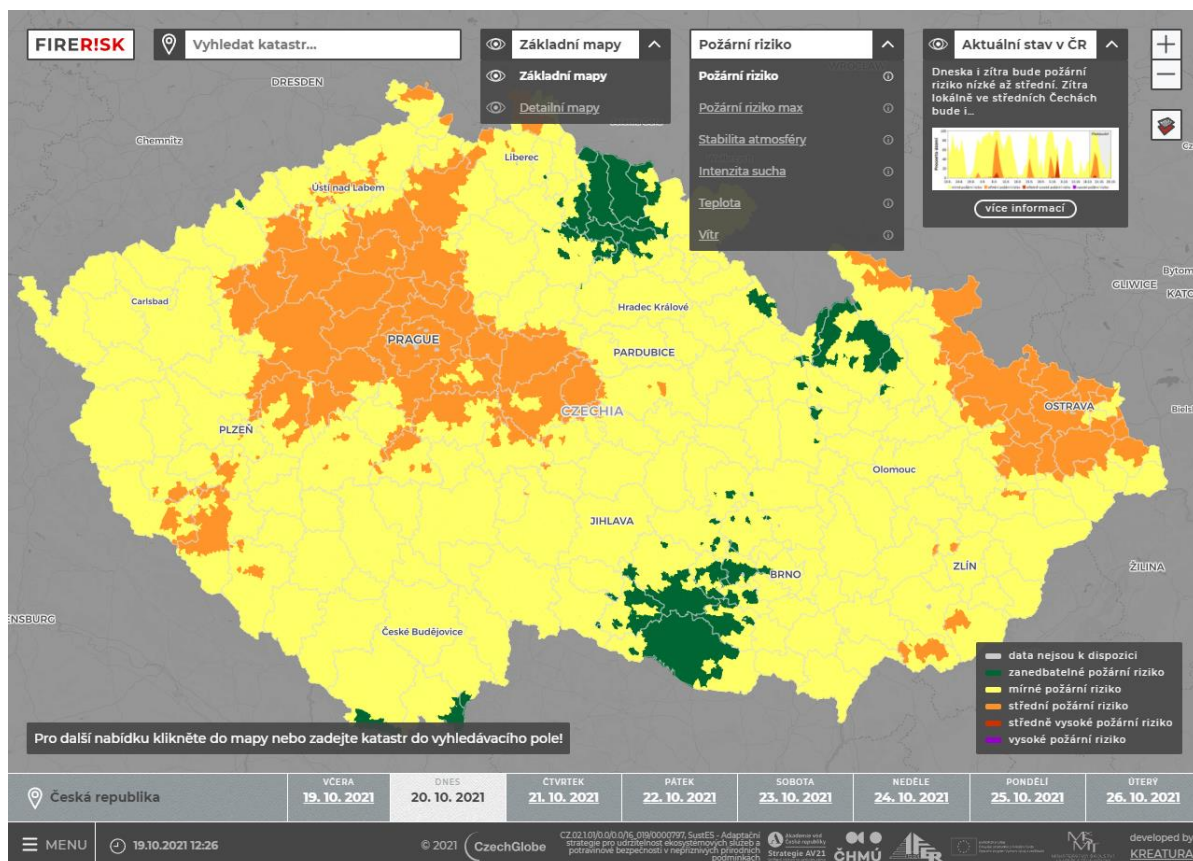
Ukázka webové stránky s výstražnými informacemi v systému SIVS (Obr. 13). V případě zelené barvy nehrozí nebezpečí a není vydána výstraha. Jednotlivé výstrahy jsou vydávány až na úroveň jednotlivých obcí s rozšířenou působností (ORP). V horní liště jsou umístěny ikonky signalizující jednotlivé nebezpečné jevy. Pro nebezpečí přírodních požárů se využívá ikonka plamene. V dolní části lze zobrazit platnost jevů pro jednotlivé ORP na několik dnů dopředu. V případě vyhlášení nízkého či vysokého nebezpečí požárů putují informace v rámci složek integrovaného výstražného systému k jednotlivým hejtmanům, kteří mohou s přihlédnutím k aktuální situaci ve svém kraji vyhlásit restriktivní opatření typu zákazu rozdělávání ohně v přírodě či dokonce samotného vstupu do lesů. Informace o nebezpečí požárů slouží i pro povolování průjezdu historických parních lokomotiv daným územím. V případě vyhlášení výstrahy před požáry jsou informace poskytovány do evropského varovného systému Meteoalarm.eu.



Obr. 13. Ukázka stránky výstrah před nebezpečnými jevy v rámci SIVS.

1.6.2 FireRisk

Systém FireRisk slouží k detailnímu monitoringu a předpovědi rizika výskytu přírodních požárů. Systém je dostupný online na adrese www.firerisk.cz (Obr. 14). Hlavní částí systému je interaktivní prezentace mapových podkladů monitoringu a předpovědi rizika výskytu přírodních požárů. Portál přináší denně aktualizované podklady pro předpověď požárních indexů, sucha a vybraných základních meteorologických prvků. Informace jsou v prostoru prezentovány na úrovni katastrálních území. Jedná se o denně aktualizovaný přehled, který přináší jak informace pro daný den, tak pro jeden den zpětně a také předpověď na následujících 7 dní. Míra rizika je popsána pomocí jednoduché škály od zanedbatelného až po vysoké požární riziko.



Obr. 14. Podoba titulní strany systému FireRisk, dostupného na www.firerisk.cz.

Podklady jsou členěny na základní a detailní. Mezi základní patří: požární riziko, požární riziko max, stabilita atmosféry, intenzita sucha, teplota a vítr. Základní podklady shrnují prostorové informace o aktuálním a očekávaném požárním počasí pro nejbližší dny. Detailní podklady zahrnují zobrazení aktuálního stavu a předpovědi FWI dle 5 předpovědních modelů a zobrazení aktuálního stavu a předpovědi FFDI dle 5 předpovědních modelů.

1.7 Motivace zlepšení předpovědi požárního počasí pro okolí vodních zdrojů

Pro vyhodnocení, zda vyhlásit výstrahu před požáry v Systému výstražné signální služby (SIVS) chybí možnost předpovědi na další dny ansámblového charakteru (použití více předpovědních modelů), která umožní zohlednit odlišnosti výstupů jednotlivých předpovědních systémů. Je to zvláště důležité u předpovědi srážek, kde jsou rozdíly mezi předpovědními modely na 3. až 5. den značné. Stávající systém publikoval výstupy pouze z jednoho modelu a pro centrální předpovědní pracoviště bylo

mnohdy obtížné rozhodnout např. o pokračování či přerušení výstrahy v důsledku změny počasí. Navíc HZS ČR často potřebuje plánovat na několik dní dopředu pohotovost v případě hrozby nebezpečí požárů, proto bylo vydávání ansámblových předpovědí velmi potřebné.

Zatím chybí hodnocení předpovědi extrémně silných poryvů větru především při nestabilním zvrstvení atmosféry, které může zvýšit rychlost šíření požárů a způsobit až vznik velkých požárů. Ačkoliv se podobný požár zatím u nás v posledních letech nevyskytl, na rozdíl od okolních zemí, je jen otázkou času, s ohledem na nárůst těchto jevů, kdy k tomu dojde. Domníváme se, že nové pojetí rizika požárů v České republice je potřeba i s ohledem na probíhající změnu klimatu, která zvyšuje nebezpečí požárů v České republice.

Předpověď požárního počasí se stává klíčovou i z hlediska lesního hospodářství a zemědělství v okolí nádrží na pitnou vodu. Riziko vzniku a šíření přírodních požárů v lesích obecně narůstá v souvislosti s kůrovcovou kalamitou, která způsobuje zvyšování množství souší v jehličnatých lesních porostech a také vznik rozsáhlých holin. Hospodaření v lesích je z velké části ovlivněno již neplatnou, ale nadčasově formulovanou Instrukcí k hospodaření na lesních pozemcích v ochranných pásmech vodních zdrojů (čj.: 20281/ORLH/81/ODV/82 ze dne 22. 6. 1982), která obsahuje řadu zásad, které jsou využívány pro nastavení režimu vhodného lesnického hospodaření v ochranných pásmech vodních zdrojů (OPVZ). Zásady nejsou ovšem formulovány s ohledem na prevenci požárního rizika. Instrukce směřují zejména k zabránění jiných nežádoucích jevů (např. eroze, splachy anorganické i organické hmoty a nežádoucích látek apod.). Některé z navržených zásad mohou významně přispět ke snížení rizika vzniku požáru v bezprostřední blízkosti vodního zdroje či k omezení jeho šíření – vyklízení vytěžené biomasy mimo PHO 1, zákaz skládek dříví, upřednostnění přirozené obnovy (většinou spojené s nižším zabuřeněním). Požadované zpevnění všech cest může vést ke zlepšení přístupnosti území hasičskou technikou, na druhou stranu případné rušení pro lesnické hospodaření nepotřebných cest může přístupnost území snížit. Požadovaná převaha jehličnatých dřevin v bezprostřední blízkosti VN zvyšuje riziko vzniku požáru (snazší zápalnost, vyšší hořlavost), (Pozn.: tento požadavek dnes již většinou není striktně uplatňován, z důvodu zajištění ekologické i mechanické stability lesních porostů jsou často doporučovány spíše smíšené nebo listnaté porosty (jak tomu je např. u ZSOVZ Švihov)). Součástí Instrukce nejsou žádná specifická opatření pro případ zvýšeného rizika výskytu požárů vegetace. Hospodaření na zemědělských pozemcích v OPVZ je limitováno z hlediska možnosti znečištění vodního zdroje nadměrným používáním hnojiv a chemických látek a s ohledem na ochranu proti erozi a smyvu půdy a nežádoucích látek do nádrže. Protipožární opatření nejsou součástí těchto opatření.

Zlepšení požární předpovědi a identifikace rizikových oblastí vzniku přírodních oblastí umožní vlastníkům a správcům pozemků v ochranných pásmech posílit v době rizika požárů preventivní opatření – kontroly přímo v terénu, zajištění zdrojů vody v době žní na hranicích lesních a zemědělských pozemků, optimalizaci cestní sítě v OPVZ tak, aby kritická místa byla dostupná pro vjezd požární techniky ad.

2. CÍL METODIKY

- Posouzení míry rizika ohrožení zejména lesních a zemědělských porostů okolí klíčových povrchových vodních zdrojů v důsledku změn charakteristik požárního počasí;
- Identifikace aktuální míry rizika vzniku přírodních požárů a jeho bezprostřední předpovědi specificky pro okolí vodních nádrží;
- Poskytnout metodické vedení k použití portálu www.firerisk.cz pro případ předpovědi pro okolí povrchových vodních zdrojů.

Pro dosažení těchto cílů byly detailně analyzovány parametry požárního počasí v okolí tří pilotních nádrží, tedy konkrétně vodních děl Švihov, Vír I a Vranov. Analyzovány byly klimatické prvky samotné, ale ve větším detailu ty, které jsou již jako indikátory požárního počasí používány v jiných oblastech světa. Následně byly vyhodnoceny jak trendy v období 1961–2018, tak i pro budoucí klima až do druhé poloviny tohoto století.

Zevrubná analýza indexů požárního počasí, získání detailních dat z okolí tří nádrží a aplikace řady modelových nástrojů umožnila jednak provedení analýzy požárního rizika pro okolí 3 nádrží, ale také vytvoření operativního nástroje předpovědi požárního počasí.

Všechny poznatky byly pak využity při přípravě portálu www.firerisk.cz, který je v poslední části metodiky představen a popsán.

3. VYHODNOCENÍ RIZIKA PŘÍRODNÍCH POŽÁRŮ V OKOLÍ VODNÍCH ZDROJŮ S PŘÍKLADY KONKRÉTNÍCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

3.1 Vyhodnocení trendů požárního počasí v širším okolí nádrží

3.1.1 Základní popis

Dlouhodobý vývoj základních meteorologických prvků zákonitě ovlivňuje výsledné klima v dané oblasti. Z hlediska indikace území s možným rizikem vzniku a šíření přírodních požárů je nutné se zabývat jak jednotlivými meteorologickými prvky, tak také jejich vlivem na vláhové či vlhkostní podmínky krajiny. Za základní parametry požárního počasí je brána teplota vzduchu, srážky, vlhkost vzduchu a rychlost a směr větru. Změny těchto základních prvků primárně ovlivňují riziko vzniku a šíření přírodních požárů. Z tohoto důvodu je vhodné v oblastech vodních nádrží sledovat stav a vývoj hodnot meteorologických prvků. Měřená data meteorologických prvků je možno získávat buď instalací účelových meteorologických stanic, nebo je možné analyzovat hodnoty z okolních stanic klimatologické sítě ČHMÚ. K analýze vývoje a trendů vybraných klimatologických veličin, které nejvíce ovlivňují riziko vzniku požárů, byly využity data z meteorologických stanic ČHMÚ Hulice (P3HULI01) – pro oblast VN Švihov, Bystřice nad Pernštejnem (B2BYSP01) a Nedvězí (B2NEDV01) – pro oblast VN Vír I a Kuchařovice (B2KUCH01) – pro oblast VN Vranov. Z meteorologických prvků byly analyzovány teploty vzduchu, srážky a směr větru. Důležitým faktorem pro zvýšené riziko přírodních požárů v okolí nádrží je také výskyt tropických dnů, které charakterizujeme výskytem maximální denní teploty minimálně 30 °C. Časové řady prošly kontrolou kvality dat, případně byla testována jejich nehomogenita a detekované zlomy v časových řadách byly opraveny. Hodnoceno bylo období let 1961–2019.

Vývoj a změna meteorologických podmínek ovlivňují svým vzájemným působením také bilanci vody v krajině a celkové vláhové podmínky oblasti. Z tohoto důvodu je vhodné se zabývat i chováním a vývojem hodnot některých vlhkostních charakteristik, mimo jiné využívaných k monitorování vlivu meteorologických podmínek na stav a intenzitu sucha. Základními zkoumanými veličinami byly potenciální výpar, základní (klimatická) vláhová bilance a jako charakteristika prezentující stav vody v půdě je možno využít analýz hodnot zásoby využitelné vody v půdě. Výpočet charakteristik byl proveden modelem AVISO pro stejný soubor stanic, pro jež se analyzovaly trendy meteorologických prvků. Zpracováno bylo období 1961–2020 s tím, že byly vzájemně porovnávány i třicetiletí 1961–1990 a 1991–2020. Potenciální evapotranspirace jako ztrátová složka bilance vody v krajině je ovlivňována mnoha faktory, z nichž jedním z nejvýznamnějších je teplota vzduchu, ale také rychlost větru. Pro výpočet evapotranspirace jsou potřebné údaje o teplotě vzduchu, vlhkosti vzduchu (nebo tlaku vodní páry), rychlosti větru a délce slunečního svitu. Evapotranspirace ve své potenciální podobě je prakticky shodná s maximálně možnými hodnotami výparu při optimálních vláhových podmínkách v půdě.

Od 60. let minulého století dochází k nárůstu hodnot výparu díky zvyšování teploty vzduchu s tím, že nejvyšší průměrné roční úhrny jsou logicky dosaženy v posledním období 2001–2020, kdy se průměrná hodnota roční potenciální evapotranspirace v ČR zvýšila vůči období 1961–1990 o 10 % na hodnotu 537 mm. Z jednotlivých měsíců jsou pak obvykle nejvyšší úhrny výparu dlouhodobě v červenci. V letních měsících červenec a srpen také došlo v období 2001–2020 k nejvyššímu průměrnému nárůstu výparu vůči normálu 1961–1990.

Charakteristika vláhové bilance je pak dána kombinací úhrnu srážek a potenciální evapotranspirace. Díky tomu se v jejích hodnotách z dlouhodobého pohledu aplikuje vliv vzrůstajících teplot a zároveň

výrazná časová a prostorová proměnlivost srážek. U základní vláhové bilance se při výpočtu potenciální hodnoty evapotranspirace neberou v úvahu vlhkostní podmínky podloží tvořené půdním horizontem. V podstatě vyjadřuje vliv klimatických podmínek na bilanci (a taktéž na výpar) při současném potlačení všech ostatních činitelů, které výpar ovlivňují (půdní vlhkost apod.). Lze tedy hovořit o tzv. klimatické či základní vláhové bilanci. Toto je nutno mít na zřeteli při případném vzájemném porovnávání základní vláhové bilance jednotlivých míst či oblastí.

Od roku 1961 dochází v průměru k mírnému snižování hodnot vláhové bilance na území ČR, nicméně je v hodnotách pozorovatelná velmi výrazná meziroční variabilita. Výrazný pokles ročních hodnot vláhové bilance je však markantní v posledních letech. V průměru je roční suma vláhové bilance v České republice v období 1961 – 2020 kladná s hodnotou okolo 181 mm, na druhou stranu je nutné zdůraznit, že na velké části území je stav roční sumy vláhové bilance počítané od začátku roku ke koci roku záporný a to i velmi výrazně. U průměrných dlouhodobých hodnot vláhové bilance nebyl v ČR až na jednu výjimku zaznamenán statisticky významný trend. Pouze v jarních měsících březen až květen je patrný pokles vláhové bilance o 8,5 mm / 10 let. Nejvhodnější klimatické podmínky pro vysoké hodnoty výparu a tím pádem i pro zvyšování deficitu vody panují během roku obecně v nejteplejších oblastech republiky.

Problematika klimatických charakteristik a jejich nepříznivého vývoje se logicky odráží také v disponibilních zásobách vody v půdě. Denní údaje o změně hodnoty zásoby využitelné vody v půdě vznikají bilancováním dotace vody formou srážek a odběru díky evapotranspiraci. Co se týká analýzy stavu vody v půdě, jednou z možných charakteristik je počítaný aktuální deficit půdní vody pod travním porostem vyjádřený v mm, který charakterizuje množství vody v půdě, nedostávající se do polní vodní kapacity. K němu inverzní charakteristikou je pak hodnota zásoby využitelné vody v půdě, v našem případě pod travním porostem v mm či v % využitelné vodní kapacity (VVK). S její pomocí je možno obecně zjednodušenou formou určovat množství půdní vody v mm, které je v půdě obsaženo mezi základními půdními hydrolimity polní vodní kapacitou a bodem vadnutí. Obdobné vyjádření je možné v % využitelné vodní kapacity (VVK), která se bere jako vzájemný rozdíl mezi polní vodní kapacitou a bodem vadnutí. Jako vypařující povrch se pro zobecnění v tomto případě uvažuje travní porost. V rámci výstupů z modelu AVISO je tedy obsah vody v půdě vyjádřen pomocí vypočítané zásoby využitelné vody v půdě ve vrstvě 0–100 cm za předpokladu středně těžké půdy pokryté travním porostem v % využitelné vodní kapacity půdy (dále již jen % VVK). Toto zobecnění bylo zvoleno pro porovnání jednotlivých oblastí z hlediska obsahu vody v půdě v závislosti na různém vlivu měnících se meteorologických podmínek během roku v jednotlivých oblastech ČR.

Z hlediska vývoje hodnoty zásoby vody v půdě v ČR během období 1961–2020 je patrné snižování průměrných hodnot a to jak v roční zásobě, tak také v jednotlivých sezónách, převážně pak v létě. V časové řadě je zřejmá meziroční variabilita způsobená návazností této charakteristiky na srážkové úhrny v daných letech. Zároveň docházelo k razantnímu snížení průměrných hodnot v posledních letech.

S ohledem na negativní dopady a rizika plynoucí z nedostatku zásoby využitelné vody v půdě pro krajinu a s tím spojené vysychání půdního profilu, je možno pro období 1961–2020 analyzovat charakteristiky počtu dnů s hodnotami zásoby využitelné vody v půdě (ZVVP) pod určitou mez, jako je např. zásoba využitelné vody pod 50 % VVK, ukazující na sníženou dostupnost půdní vláhy pro rostliny a také počty dnů s hodnotami ZVVP pod 30 % VVK, které už znamenají stres suchem. V oblastech vyznačujících se v dlouhodobém hledisku vysokým počtem takových dnů panuje při součinnosti dalších faktorů, např. porostních podmínek či působením nevhodné lidské činnosti, značná pravděpodobnost možnosti výskytu sucha i s jeho dalšími doprovodnými negativními projevy a riziky včetně požárů vegetace.

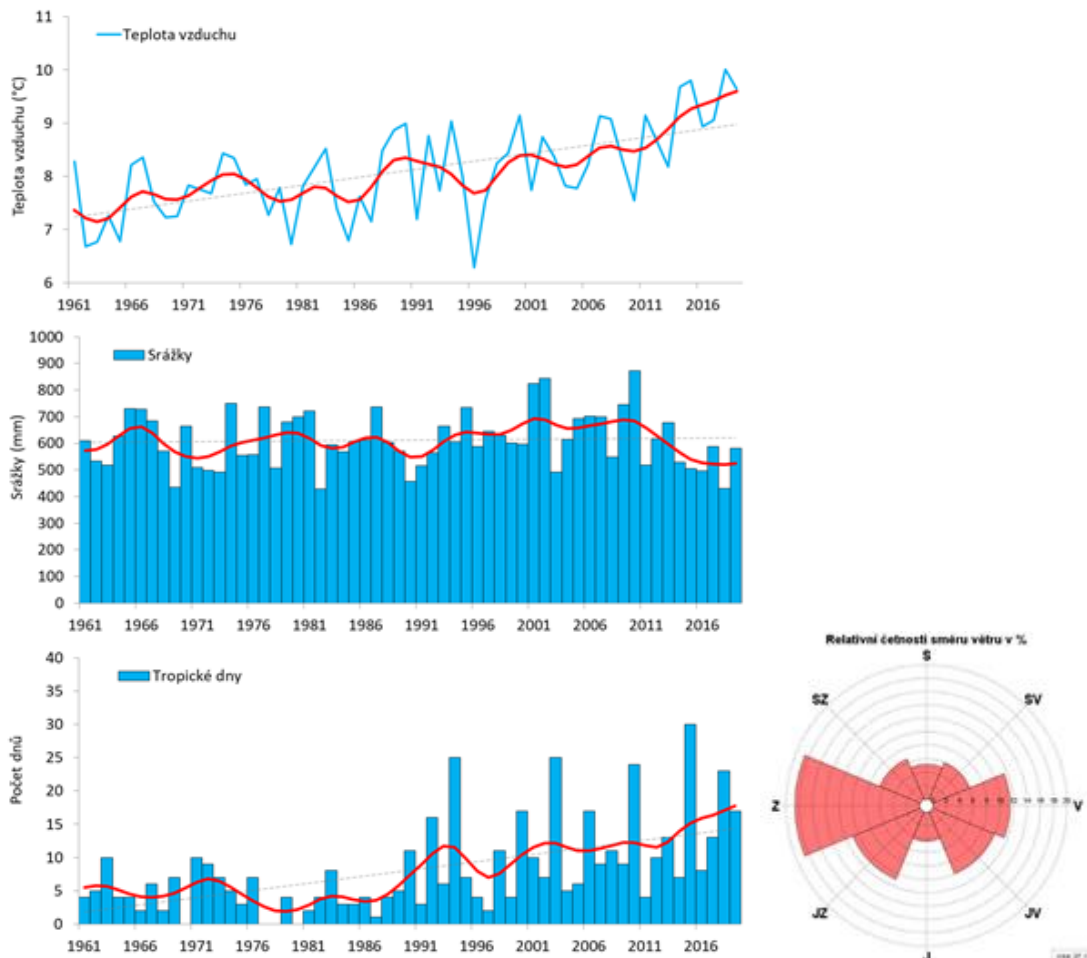
3.2 Praktická aplikace

3.2.1 VN Švihov

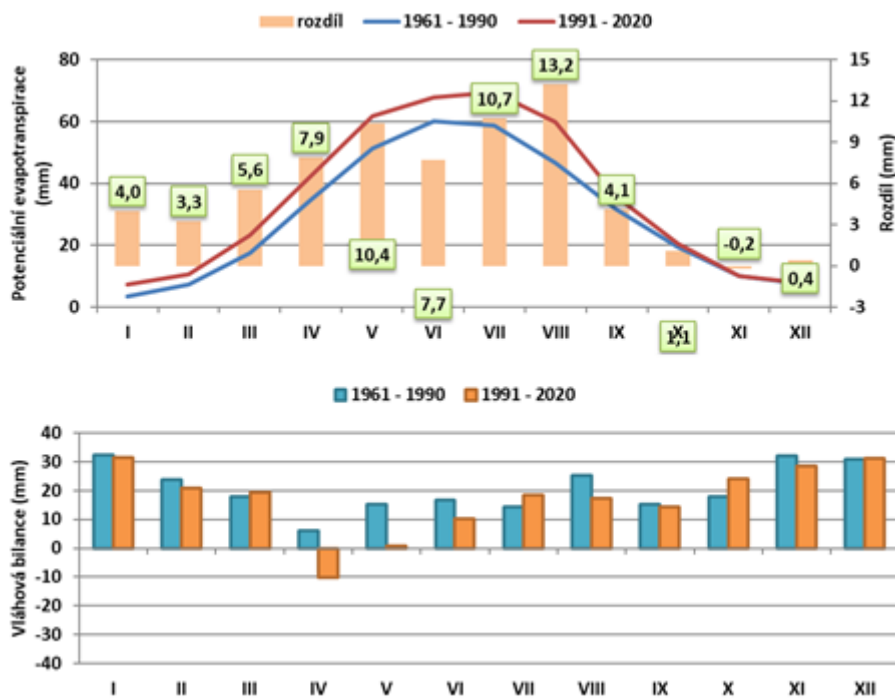
Průměrná roční teplota vzduchu je v období od roku 1961 v oblasti VN Švihov 8,2 °C. Průměrné maximální denní teploty v červenci jsou 25 °C, naopak lednové minimální teploty se v průměru pohybují okolo -4,6 °C. Co se týká počtu tropických dnů, tak v lokalitě se průměrně za rok vyskytne 8,1 tropických dnů. Průměrný roční úhrn srážek je 650 mm, s tím, že nejvyšší měsíční úhrny jsou dosahovány v období od května do srpna a průměrně se vyskytují maximální měsíční úhrny v červenci. Průměrné roční rychlosti větru v období 1991–2020 jsou 2,8 m/s a převládá západní proudění (Obr. 15). Měření větru na stanici Hulice bylo nicméně výrazně ovlivňováno umístěním stanice, kdy v roce 2011 došlo k jejímu přemístění na hráz, čímž se zvýšily zaznamenané rychlosti větru a snížil se počet zaznamenaných bezvětří.

Co se týká trendu teplot, tak ty od konce 20. století intenzivně rostou, období 2015–2019 považujeme za nejteplejší za dobu měření, roky 2018 a 2019 byly dokonce rekordní. Tomu odpovídá i situace v okolí zkoumaných nádrží. Nejvýraznější je trend nárůstu v zimním a letním období o 0,4 °C za 10 let. Dochází také k významnému trendu nárůstu počtu tropických dnů. Trend nárůstu srážek není statisticky významný a převládá meziroční kolísání srážkových úhrnů. V zimních měsících v oblasti VN Švihov srážky mírně rostou. Na počátku vegetačního období (duben–červen) pak pozorujeme pokles srážek a také nárůst dnů, kdy neprší. V druhé části vegetačního období (červenec–září) srážky rostou a to hlavně v podobě intenzivnějších srážek.

Průměrná roční suma potenciální evapotranspirace za období 1961–2020 je v oblasti 383 mm a nejvyšší hodnoty jsou obvykle dosahovány v červnu a červenci (Obr. 16). Hodnoty roční vláhové bilance (rozdíl srážek a výparu) jsou v průměru okolo 229 mm a v období od dubna do září se pohybují v kladných hodnotách 73 mm. Pokud bychom analyzovali roční vývoj vláhové bilance, tak dnů s hodnotou kumulativní vláhové bilance od začátku roku nižší než 0 mm je v průměru jen asi 39 za rok. Co se týká zásoby vody v půdě, tak tam jsou nejnižší hodnoty obvykle dosahovány v srpnu a v září. V těchto měsících dochází i k nejčastějšímu výskytu dnů s velmi nízkou zásobou vody v půdě pod 30 % VVK. Vzhledem k tomu, že do výpočtu výše zmíněných charakteristik výrazně kromě teplot zasahuje i rychlost větru, je hodnocení ovlivněno změnou lokalizace stanice a zvýšením rychlostí větru v období od roku 2011. Díky tomu není vhodné vyhodnocovat trendy vláhových charakteristik. Je možné pouze konstatovat, že pro všechny období platí trend nárůstu hodnot u evapotranspirace a počtu dnů s hodnotami pod danou mez a naopak dochází k poklesu hodnot vláhové bilance a zásob vody v půdě.



Obr. 15. Vývoj teploty vzduchu, srážek a tropických dnů na stanici Hulice reprezentující vodní nádrž Švihov v letech 1961–2019. Nalevo je pak zobrazena relativní četnost směru větru za období 1991–2020.

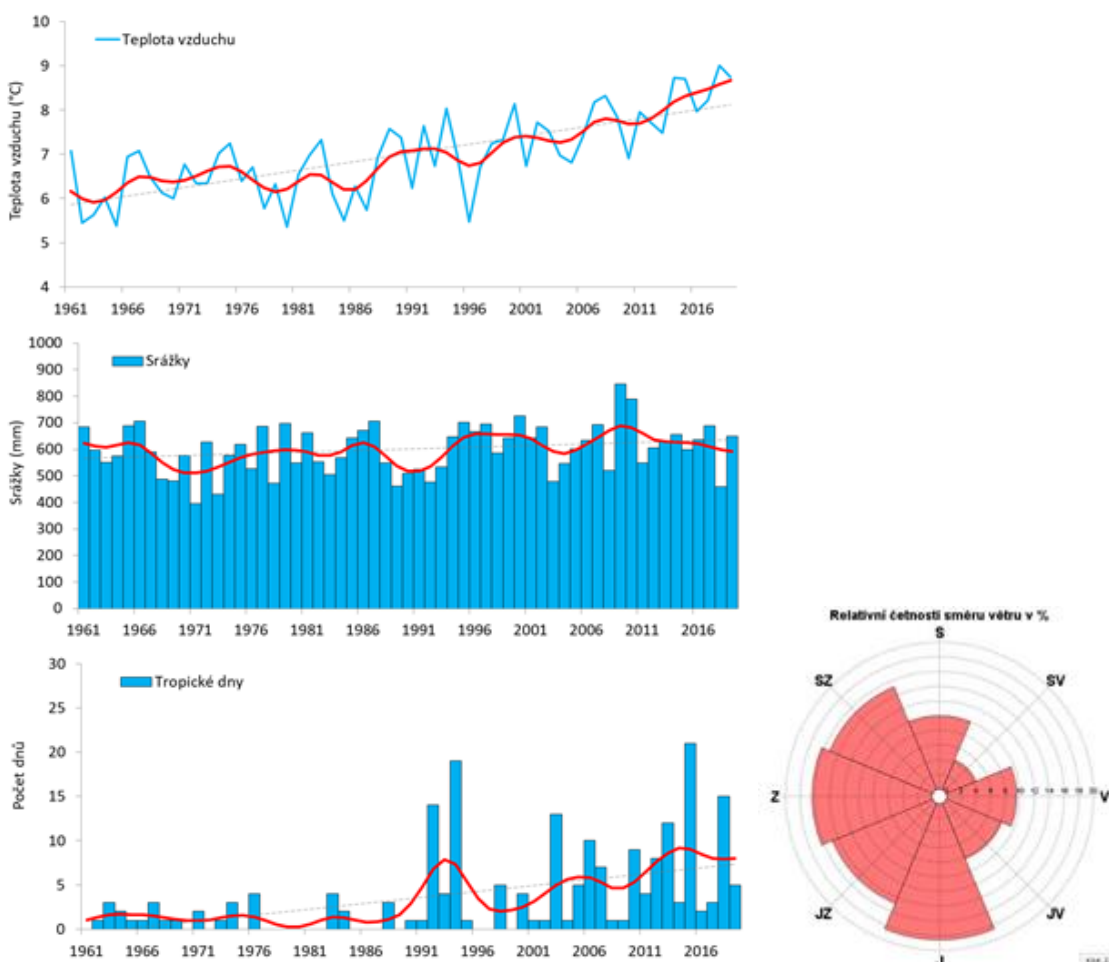


Obr. 16. Stanice Hulice – Průměrný úhrn potenciální evapotranspirace v jednotlivých měsících v letech 1961–1990 a 1991–2020 a jejich rozdíl (nahoře). Průměrný úhrn vláhové bilance v jednotlivých měsících v letech 1961–1990 a 1991–2020 (dole).

3.2.2 VN Vír I

Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje v oblasti VN Vír I kolem 7,0 °C. Průměrná maximální denní teplota v červenci je 22,5 °C a lednové minimální teploty se v průměru pohybují okolo -6,1 °C. Výskyt tropických dnů je v této oblasti spíše sporadický, průměrně se za rok vyskytnou 3,4 dny. Průměrný roční úhrn srážek je 601 mm, s tím, že nejvyšší měsíční úhrny jsou dosahovány v období od května do srpna, kdy jsou měsíční úhrny okolo 70 mm dvojnásobné oproti ostatním měsícům. Průměrné denní rychlosti větru na stanici Nedvězí v období 1991–2020 jsou 4,3 m/s a převažují zde primárně jižní a západní směry větru. Měření větru a částečně i teplot na stanici Bystřice nad Pernštejnem (Obr. 17) je do jisté míry ovlivněno lokalizací stanice v městské zástavbě, proto bylo pro vyhodnocení větru využito stanice v Nedvězí, která se nachází v otevřené krajině.

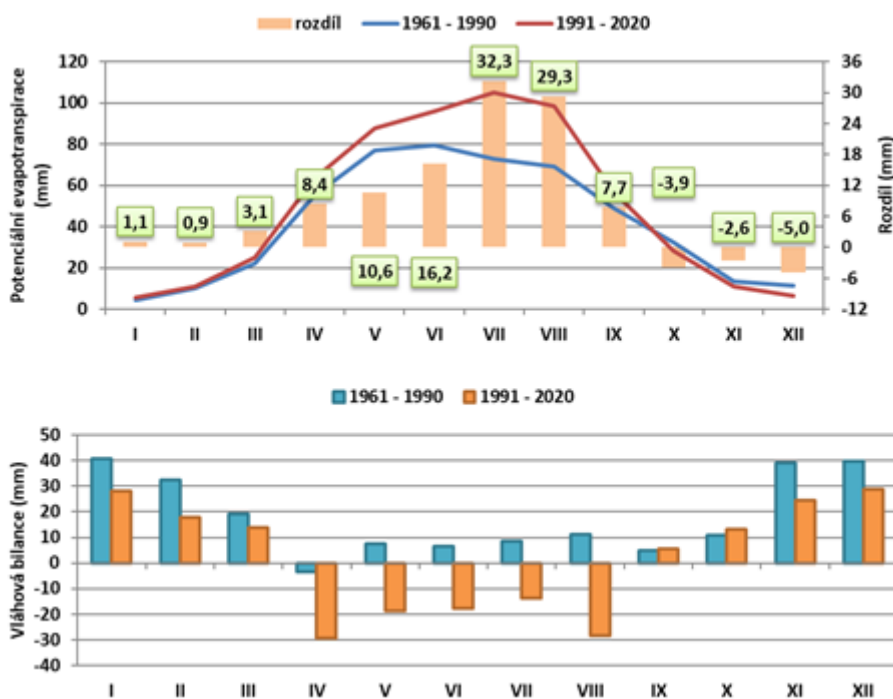
Teploty vzduchu v oblasti od konce 20. století intenzivně rostou a o posledním období platí stejné poznatky o rekordně vysokých teplotách jako u VN Švihov. Nejvýraznější je trend nárůstu v letním období o 0,5 °C za 10 let. Výrazný trend nárůstu teplot ale vykazují i ostatní části roku. Trend nárůstu počtu tropických dnů (o 1,3 dne za 10 let) není tak výrazný jako na dalších dvou zkoumaných nádržích, nicméně je zde přítomný a statisticky významný. Trend nárůstu srážek není statisticky významný a převládá meziroční kolísání srážkových úhrnů. V zimních měsících v oblasti VN Vír I srážky mírně rostou. Na počátku vegetačního období (duben–červen) pak pozorujeme pokles srážek a také nárůst dnů, kdy neprší. V druhé části vegetačního období (červenec–září) srážky rostou a to hlavně v podobě intenzivnějších srážek.



Obr. 17. Vývoj teploty vzduchu, srážek a tropických dnů na stanici Bystřice pod Pernštejnem reprezentující vodní nádrž Vír v letech 1961–2019. Nalevo je pak zobrazena relativní četnost směru větru za období 1991–2020 ze stanice Nedvězí.

Vzhledem k tomu, že hodnoty větru, který je jedním z dominantních faktorů pro výpočet evapotranspirace, byly pro zpracování použity ze stanice Nedvězí, jsou i vláhové charakteristiky prezentovány z této stanice. Průměrná roční suma potenciální evapotranspirace za období 1961–2020 je v oblasti 545 mm a nejvyšší hodnoty jsou obvykle dosahovány v červnu a červenci. Hodnoty roční vláhové bilance (rozdíl srážek a výparu) jsou v průměru okolo 121 mm a suma za období od dubna do září se pohybuje v záporných hodnotách -34 mm. Negativní bilance srážek a výparu je pak patrná už od dubna s trváním až do srpna. Z hlediska analýzy ročního vývoje kumulativních hodnot vláhové bilance, tak dnů s hodnotou nižší než 0 mm je v průměru asi 85 za rok a dnů, kdy negativní vláhová bilance dosahuje hodnot pod -100 mm je v průměru 31. Nejnižších hodnot zásoby využitelné vody v půdě je obvykle dosahováno v srpnu. Co se týká výskytu dnů s nízkou zásobou vody v půdě, tak s hodnotou pod 50 % VVK je jich v průměru za rok 64 a s hodnotou pod 30 % VVK je počet dnů 33.

Hodnoty potenciální evapotranspirace (Obr. 18) mají v období 1961–2020 výrazně rostoucí trend a to jak v ročních hodnotách o 33 mm za 10 let, tak i v jarních a letních měsících. Vláhová bilance pak dle toho vykazuje statisticky významný trend snižování hodnot jak v ročních úhrnech o 61 mm za 10 let, tak i v jednotlivých sezónách mimo podzim. Zásoba využitelné vody v půdě vykazuje také trend poklesu hodnot v období 1961–2020 a to ve všech analyzovaných ročních obdobích, nejvíce však na podzim a v létě. Stejně tak dochází k nárůstu počtu dnů s hodnotami zásoby vody v půdě pod 50 % VVK (nárůst o 14 dnů za 10 let) a pod 30 % VVK (nárůst o 23 dnů za 10 let).



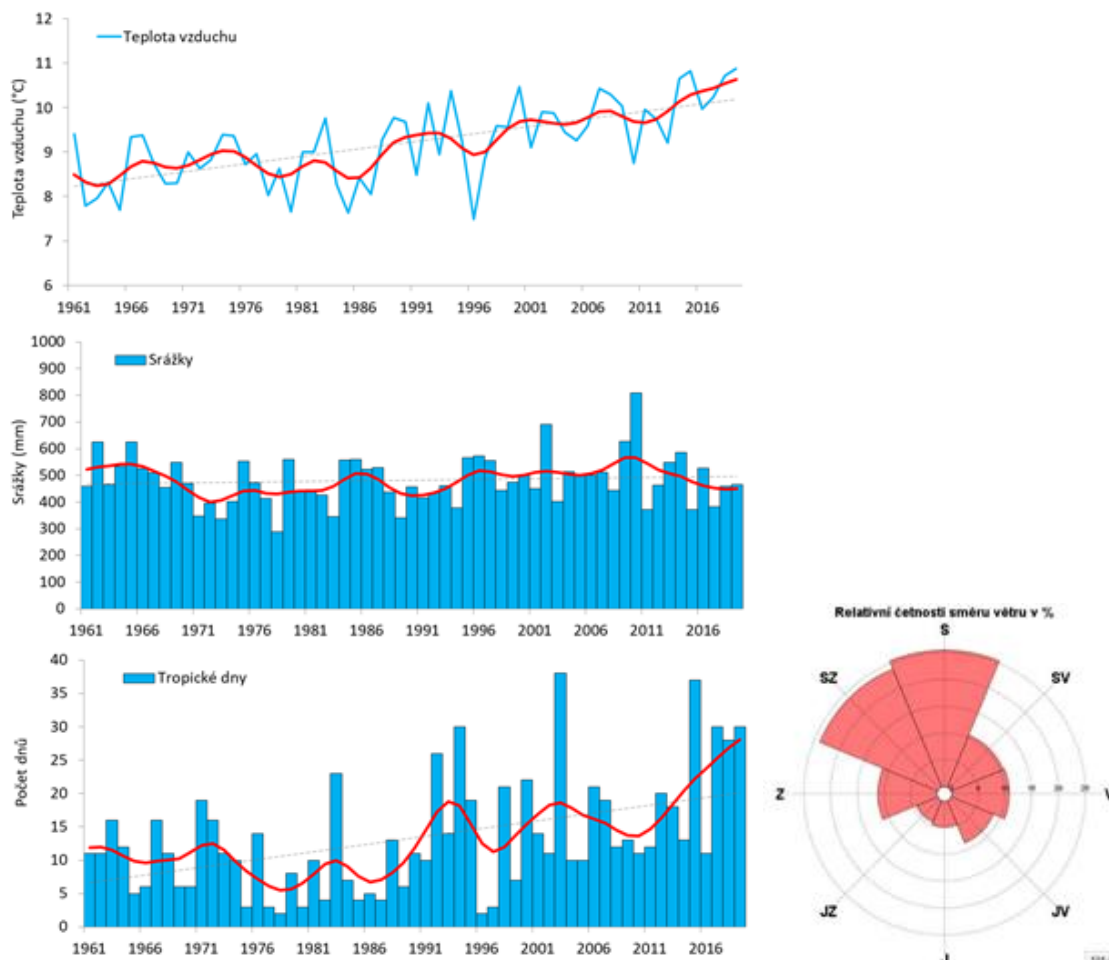
Obr. 18. Stanice Nedvězí – Průměrný úhrn potenciální evapotranspirace v jednotlivých měsících v letech 1961–1990 a 1991–2020 a jejich rozdíl (nahore). Průměrný úhrn vláhové bilance v jednotlivých měsících v letech 1961–1990 a 1991–2020 (dole).

3.2.3 VN Vranov

Okolí VN Vranov je z analyzovaných nádrží nejteplejší a také nejsušší. Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje kolem 8,9 °C. Průměrná maximální denní teplota v červenci je 25,3 °C a lednové minimální teploty se v průměru pohybují okolo -4,2 °C. Výskyt tropických dnů je v této oblasti výrazný, průměrně se zde za rok vyskytne 13,3 dnů. Průměrný roční úhrn srážek je 486 mm, s tím, že nejvyšší měsíční

úhrny jsou dosahovány v období od května do září a nejvyšší úhrny v průměru více jak 70 mm jsou zaznamenávány v červnu. Průměrná denní rychlost větru na stanici Kuchařovice (Obr. 19) v období 1991–2020 je 3,5 m/s a převažují zde výrazně severní a severozápadní směry větru.

Pro oblast VN Vranov platí stejný fakt týkající se výrazného růstu teplot vzduchu jako pro ostatní dvě nádrže. Nejvýraznější je trend nárůstu v letním období o 0,5 °C za 10 let. Statisticky významný je ale i výrazný trend nárůstu teplot na jaře a v zimě, nižší trend nárůstu vykazuje pak podzimní období. Trend nárůstu počtu tropických dnů (o 2,2 dne za 10 let) je ze zkoumaných nádrží na Vranově největší. Mezi rekordní roky patřily 2018, 2015 a 2003, kdy na stanici Kuchařovice jich bylo zaznamenáno až 38 za rok. Trend nárůstu srážek pak není statisticky významný a převládá spíše meziroční kolísání srážkových úhrnů. V zimních měsících v oblasti VN Vranov úhrny srážek spíše mírně klesají.

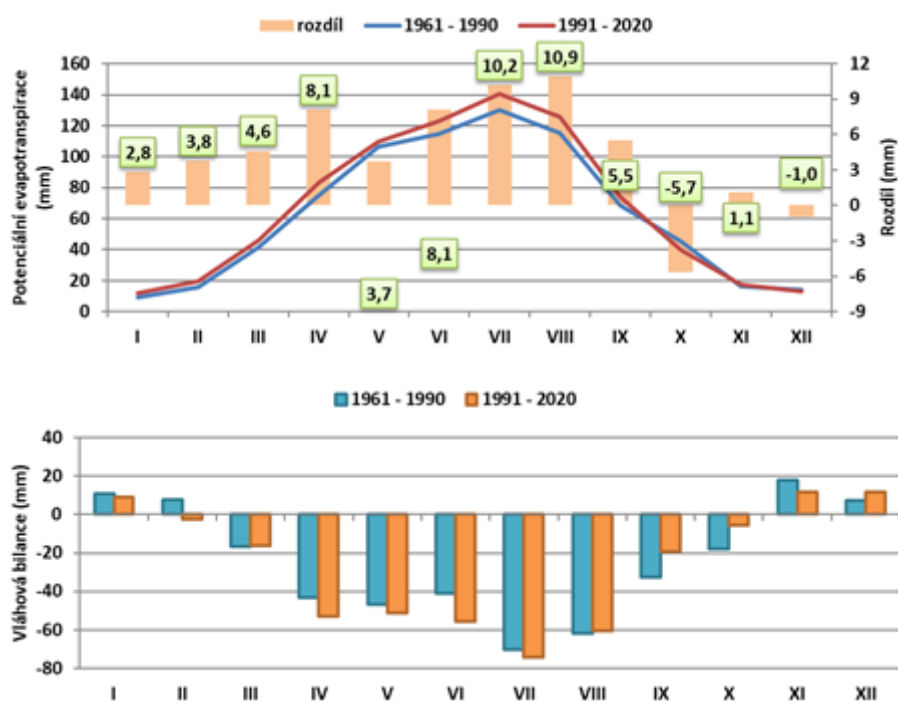


Obr. 19. Vývoj teploty vzduchu, srážek a tropických dnů na stanici Kuchařovice reprezentující vodní nádrž Vranov v letech 1961–2019. Nalevo je pak zobrazena relativní četnost směru větru za období 1991–2020.

Průměrná roční suma potenciální evapotranspirace za období 1961–2020 je v oblasti VN Vranov 779 mm a nejvyšší hodnoty jsou obvykle dosahovány, na rozdíl od předchozích nádrží, v červenci a v srpnu. Rozdíl v průměrné roční hodnotě evapotranspirace třicetiletí 1991–2020 vůči 1961–1990 je asi 50 mm. Hodnoty roční vláhové bilance (rozdíl srážek a výparu) jsou v průměru okolo -295 mm a suma za období od dubna do září se pohybuje ve výrazně záporných hodnotách okolo -304 mm. Převaha negativní bilance srážek a výparu obvykle začíná již v březnu a kontinuálně trvá až do října. Díky tomu jsou vysoké i průměrné roční počty dnů, kdy je kumulativní hodnota vláhové bilance záporná, tedy pod 0 mm – v průměru je to 288 dnů za rok. A hodnoty pod -100 mm má pak v průměru 204 dnů v roce. Počty těchto dnů pak postupně mírně narůstají. Nejnižších hodnot zásoby využitelné vody v půdě je obvykle

dosahováno v srpnu a v září. Co se týká výskytu dnů s nízkou zásobou vody v půdě, tak s hodnotou pod 50 % VVK je jich v průměru za rok 211 a s hodnotou pod 30 % VVK je počet dnů hodně vysoký, a to 160. To ukazuje na výraznou převahu výparu nad srážkami v této oblasti a k celkové predispozici k intenzivnímu přehřívání a vysušování krajiny.

Trend u hodnot potenciální evapotranspirace (Obr. 20) v období 1961–2020 je mírně rostoucí, a to jak v ročních hodnotách o 15 mm za 10 let, tak i v jarních, letních a zimních měsících. U hodnot vláhové bilance nebyl zjištěn v ročních ani v sezónních hodnotách statisticky průkazný trend. Z měsíčních hodnot vykazuje mírný trend poklesu hodnot pouze měsíc listopad. U hodnot zásoby využitelné vody v půdě je průkazný trend poklesu hodnot v období 1961–2020 pouze v jarním období o 1,6 % VVK za 10 let. Stejně tak dochází v jarních měsících k nárůstu počtu dnů s hodnotami zásoby vody v půdě pod 50 % VVK, trend nárůstu je zde o 1,8 dne za 10 let.



Obr. 20. Stanice Kuchařovice – Průměrný úhrn potenciální evapotranspirace v jednotlivých měsících v letech 1961–1990 a 1991–2020 a jejich rozdíl (nahore). Průměrný úhrn vláhové bilance v jednotlivých měsících v letech 1961–1990 a 1991–2020 (dole).

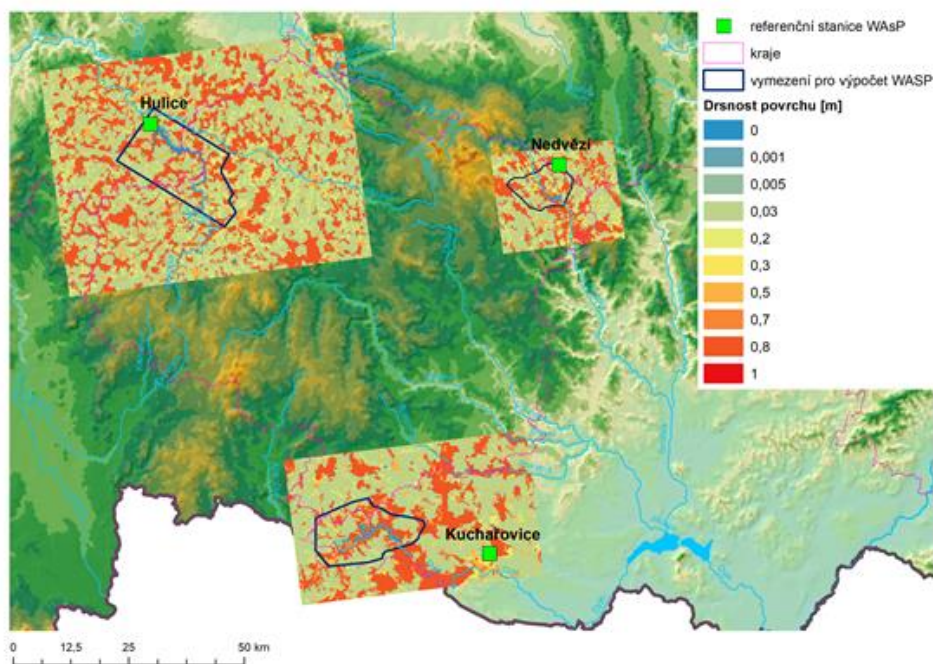
4. ZAHRNUTÍ SPECIFICKÝCH MEZOKLIMATICKÝCH PODMÍNEK OKOLÍ NÁDRŽÍ

4.1 Základní popis

Za účelem bližšího určení pole rychlosti a směru větru v okolí vodních nádrží je vzhledem k neexistenci dostatečně husté sítě měření větru vhodné využít sofistikované modely simulující větrné podmínky na základě vstupních údajů, např. konfigurace terénu a měření z blízké, vhodně situované, meteorologické stanice.

WAsP (WAsP je zkratka od WAAAAP = Wind Atlas Analysis and Application Program) je model vyvinutý Risø National Laboratory, dnes součást Technical University of Denmark (DTU). Model vznikl primárně za účelem predikce větrných podmínek a dostupné energie větru. Vychází z naměřených dat rychlosti a směru větru na jedné (referenční) meteorologické stanici, která jsou extrapolována do blízkého okolí podle vlastností terénu, drsnosti povrchu, případně s ohledem na vliv terénních překážek. Jedná se o model „režimový“, vstupem jsou tedy data z dlouhodobě prováděných měření – minimálně 1 rok, lépe je pak využít několika let měření. WAsP je koncipován jako model, který počítá velmi přesně veškeré parametry v nejbližším okolí studovaného místa (metoda „zooming polar grid“), s rostoucí vzdáleností se přesnost výpočtů postupně snižuje. Z toho vyplývá i požadavek na přesnost a podrobnost podkladových dat, jimiž jsou digitální model terénu, drsnost povrchu, případně pak popis překážek. Nejbližší studovaného místa musí být podkladová data velmi podrobná (s přesností řádově v metrech). WAsP využívá CFD model EllipSys3D a také Wind Atlas (Mortensen et al., 2014). Horizontální rozlišení modelu je nejvyšší v jeho centrální části a dosahuje 20 m v oblasti 4 km na 4 km od středu gridu. Vertikální rozlišení modelu je od 5 cm do přibližně 7 000 m. Průměrné vertikální rozlišení je tedy přibližně 5 m.

Navazující WAsP Engineering (WEng) je pak software, jehož hlavním účelem je odhad vlivu určitých parametrů větru (zatížení způsobeného větrem) např. na větrné turbíny a rozličné objekty v mírně komplexním terénu. Program uvažuje extrémní hodnoty průměrné rychlosti větru, stříhy větru, vertikální profily větru a turbulenci. Program postihuje vlivy způsobené členitostí terénu (do sklonu svahů cca 20°, tedy kromě extrémně členitých horských poloh) a drsností povrchu. Z části bere v úvahu i překážky, s výjimkou analýzy turbulence. Podobně jako WAsP předpokládá při použití stabilní podmínky blízké neutrálním, v řadě technických aspektů a přístupů se ale od WAsP liší. Je realističtější a také citlivější na detailní popis terénu ve vrstvě nejbližší zemskému povrchu. Na rozdíl od WAsP může provádět extrapolace nikoli z celého statistického souboru vstupních údajů rychlosti a směru větru, nýbrž ze zadané jedné hodnoty vektoru větru, která může být hodnotou naměřenou na meteorologické stanici v nějakém konkrétním dni a hodině nebo hodnotou geostrofického větru. WEng využívá model LINCOM (LINEarized COMputation), který vypočítává vektor větru pomocí Fourierových technik v každém bodě pravouhlé sítě. Jedním z výstupů modelu WEng jsou tedy gridové vrstvy vypočítaných parametrů pole větru.



Obr. 21. Přehledová mapa zobrazující polohy jednotlivých analyzovaných nádrží včetně lokalizace referenčních stanic a vrstev drsnosti povrchu nutné pro výpočet pole rychlosti větru modelem WAsP.

Zpracování gridů rychlosti a směrů větru (Tab. 1) pro vybrané dny v oblastech vodních nádrží Švihov, Vír a Vranov bylo připraveno pomocí modelu WEng (WAsP Engineering), který jako primární vstupní údaje vyžaduje meteorologická data (poloha stanice, D – směr větru, F – rychlost větru) a pak geografické vrstvy nadmořské výšky terénu (pro všechny oblasti využito modelu s výškovým rozlišením 10 m) a drsnosti povrchu (pro Švihov využito modelu s prostorovým rozlišením 100 m a pro Vír a Vranov 15 m). Vrstva drsnosti povrchu byla zpracována analýzou pokryvnosti na základě podkladů z CORINE Landcover, kdy byla jednotlivým typům povrchu přiřazena hodnota drsnosti povrchu (Obr. 21).

Tab. 1. Domény modelovaných gridů rychlosti a směrů větru pro vodní nádrže Švihov, Vír a Vranov.

Oblast	bod	GX	GY
Švihov	Pravý Horní roh	526353,5	5512380
	Levý Dolní roh	498505,9	5484912
Vír	Pravý Horní roh	598291,9	5499997
	Levý Dolní roh	583137,9	5488538
Vranov	Pravý Horní roh	583609	5428051
	Levý Dolní roh	540699,5	5410541

Do modelových výpočtů byla využita data z příslušných nejbližších meteorologických stanic P3HULI01 – Švihov, B2NEDV01 – Vír, B2KUCH01 – Vranov. Pro určení směru a rychlosti větru při meteorologické situaci s výrazným požárním rizikem bylo vybráno 10 situací (v období 2015–2019) a na základě 10–ti minutových dat byl zjištěn hodinový klouzavý údaj za 24 hodin o nejvyšší maximální rychlosti větru. Z této sady hodnot byl určen 90. percentil a k této výsledné hodnotě také převládající směr větru. Tyto hodnoty následně vstupovaly do výpočtu modelu WAsP. Výsledkem výpočtu modelu byly gridy směru a rychlosti větru ve výšce 10 m nad povrchem ve vybraných dnech s výrazně nepříznivým počasím.

4.2 Švihov

Vodní nádrž výrazně ovlivňuje díky snížené drsnosti vodní hladiny rychlost větru. Rychlost větru je mnohem vyšší než mimo nádrž. Do roku 2011 bylo měření rychlosti větru prováděno poblíž budovy povodí v Hulicích, od roku 2012 bylo měření umístěno na hráz nad vodní hladinou (Obr. 22).

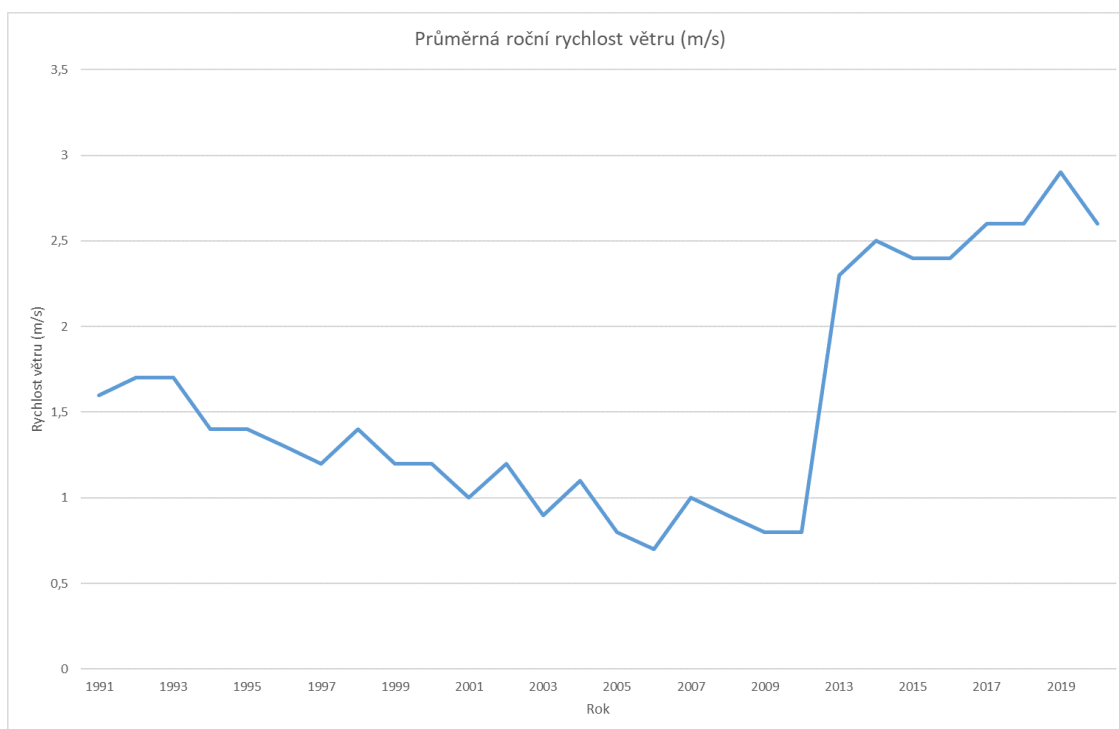


Obr. 22. Umístění meteorologického měření na stanici Hulice na Švihově (1 – původní umístění, 2 – nová poloha).

Po umístění měření na hráz došlo k výraznému poklesu četnosti bezvětří z původních 57,3 % na 19,4 %. Výrazně se zvýšila četnost výskytu větru v rychlostní třídě 1–4 m/s a 4–9 m/s a rovněž byl zaznamenán výskyt větru nad 9 m/s (Tab. 2). Výrazný růst průměrných rychlostí větru po přestěhování na hráz dokládá i Obr. 23.

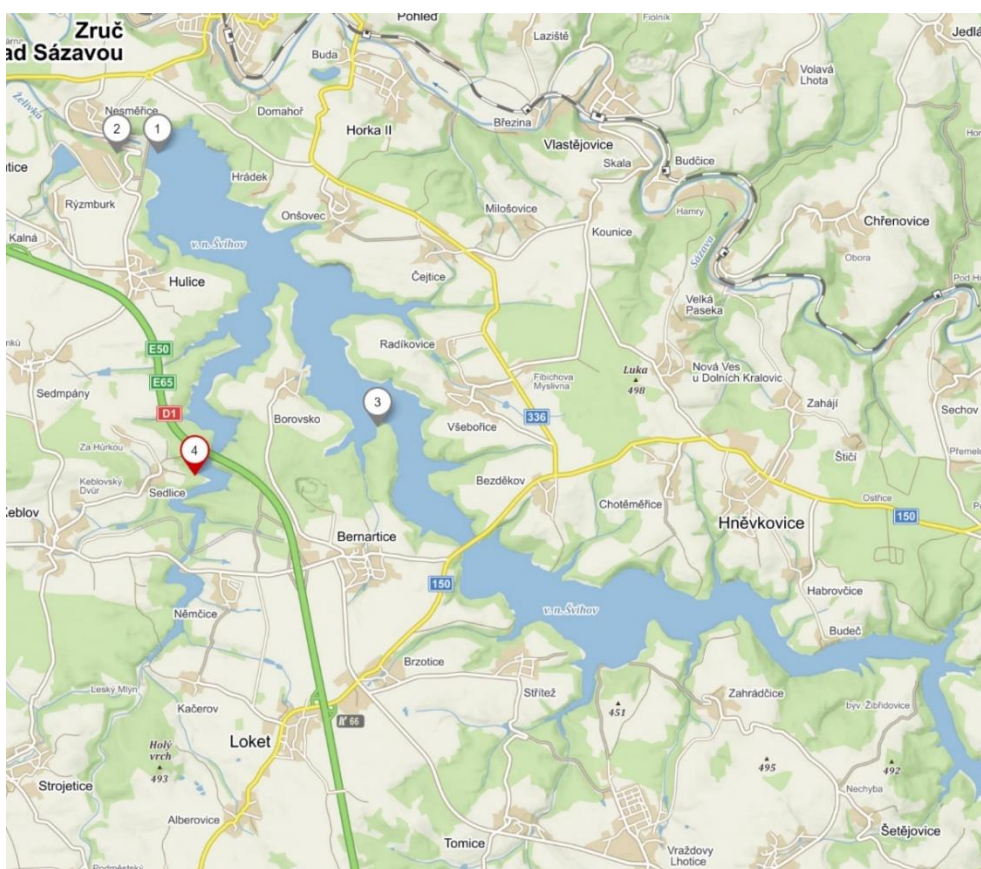
Tab. 2. Rozložení četnosti rychlostí větru v % na původním stanovišti (Hulice1) a po umístění na hráz (Hulice2).

Interval (m/s)	Hulice1	Hulice2
0	57,3	19,4
0–1	10,1	13,9
1–4	27,1	47,6
4–9	5,5	18,4
>9	0	0,7



Obr. 23. Průměrná roční rychlost větru na stanici Hulice v období 1991–2020.

Vzhledem k uvedeným problémům s reprezentativností měření rychlosti větru byly nově zřízeny dvě meteorologické stanice poblíž Sedleckého potoka a nad Bernarticemi (Obr. 24).



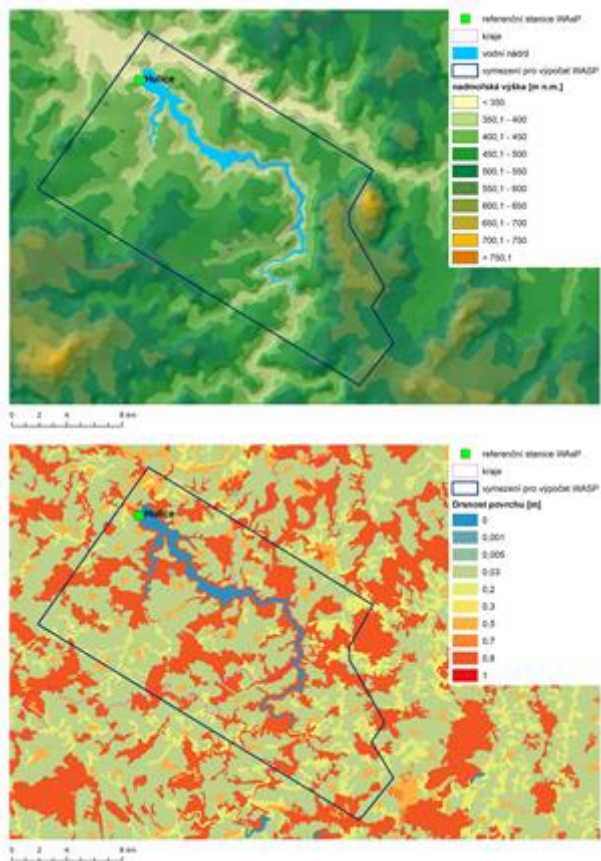
Obr. 24. Umístění meteorologických stanic v okolí nádrže Švihov:

1 – měření ČHMÚ na hrázi, 2 – původní měření ČHMÚ u budovy Povodí, 3,4 – nově zřízené meteorologické stanice.

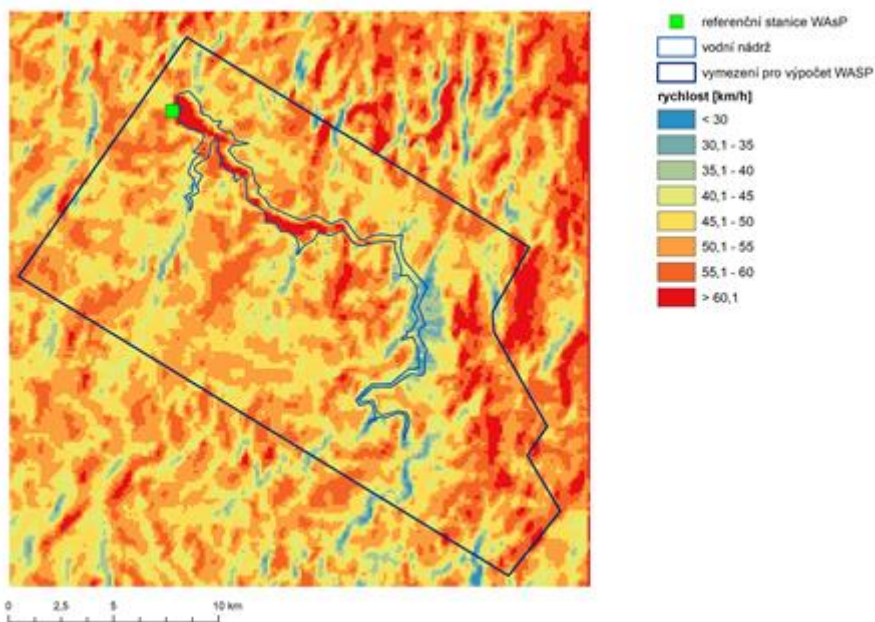


Obr. 25. Nově zřízené meteorologické stanice v okolí nádrže Švihov (lokalita 4 vlevo, 3 vpravo).

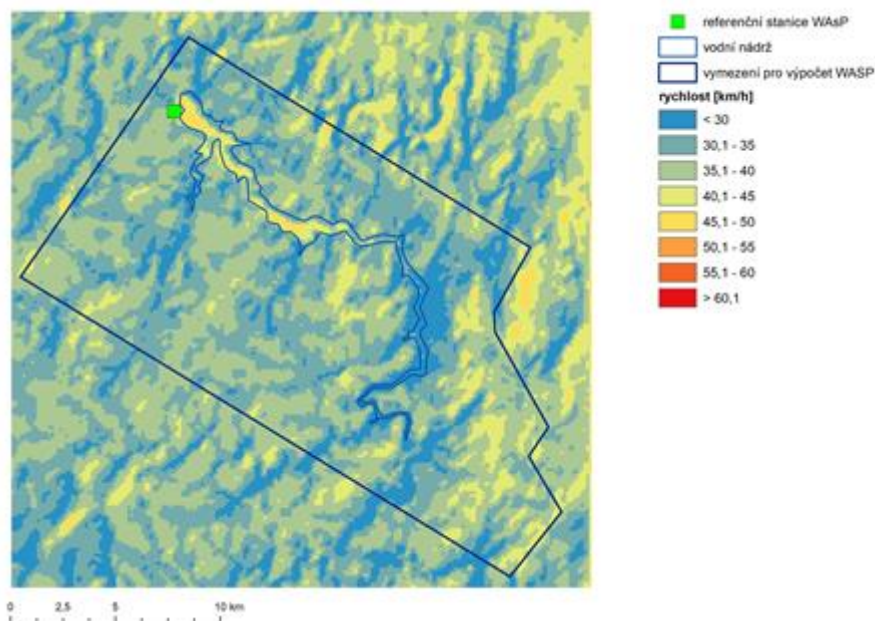
Pro vodní nádrž Švihov byly ve výpočtu modelu WAsP využity hodnoty z měření charakteristik větru klimatologické stanice Hulice (P3HULI01). Průměrná rychlost větru je během roku v oblasti 2,8 m/s a převažuje západní směr větru. Nejvyšších rychlostí pak v průměru dosahuje vítr jihovýchodních a východních směrů. Při tomto směru větru je pak z výsledků modelu WAsP patrné, že nejvyšší rychlosti větru jsou modelovány v oblastech na východ od vodní nádrže a pak díky nízké drsnosti povrchu také nad samotnou nádrží, převážně tedy v její otevřenější západní části směrem k hrázi. Ve východní části nádrže jsou pak modelované rychlosti větru naopak mnohem nižší (Obr. 27, Obr. 28).



Obr. 26. Vstupy do modelu WASP – výškový model okolí VN Švihov a drsnost povrchu v okolí nádrže.



Obr. 27. Výstup modelu WASP – pole 90. percentilu maximálních 10-ti minutových rychlostí větru dne 23. 04. 2019, převládající směr větru je východní.



Obr. 28. Výstup modelu WAsP – pole 90. percentilu maximálních 10–ti minutových rychlostí větru dne 13. 09. 2015, převládající směr větru je jihovýchodní.

4.2.1 Popis modelu WindNinja

Vítr je jeden z nejpodstatnějších environmentálních faktorů ovlivňujících vývoj a šíření požáru (Catchpole et al., 1998). Vlastnosti terénu a samotného povrchu (např. vegetace) zásadně ovlivňují proudění vzduchu a mohou komplikovat predikce chování případného požáru (Forthofer et al., 2014). Při boji s ohněm je lokální proudění vzduchu tradičně určováno na základě expertního úsudku, pozemních bodových měření z nejbližší meteorologické stanice, která může být desítky kilometrů vzdálená, či předpovědi počasí, což vede ke značným nejistotám těchto odhadů (Forthofer et al., 2014). S cílem eliminovat tyto nejistoty byl vyvinut fyzikálně založený diagnostický simulační nástroj WindNinja umožňující kvantifikaci lokálního proudění ve velmi vysokém prostorovém rozlišení (v řádu desítek metrů) (Forthofer et al., 2014; Wagenbrenner et al., 2019). Mimo modelování vývoje požárů našel nástroj WindNinja uplatnění v oblasti výzkumu erozí či větrné energetiky.

Jádrem modelu WindNinja jsou dva numerické řešiče (Wagenbrenner et al., 2019). První numerický řešič (COM – z anglického conservation of mass) v rámci simulované domény uplatňuje zachování hmoty, druhý řešič (CFD – z anglického computational fluid dynamics) navíc i zachování hybnosti. Proudění je popsáno integrálními nebo parciálními diferenciálními rovnicemi s okrajovými a počátečními podmínkami, které významně ovlivňují výsledek řešení. Druhý z řešičů modelu je založen na algoritmech známé knihovny OpenFOAM (www.openfoam.org) a numerickém řešení časově průměrovaných Navierových–Stokesových rovnic popisujících proudění nestlačitelné newtonovské kapaliny, tj. soustavy nelineárních parciálních diferenciálních rovnic druhého řádu. Diskretizované rovnice jsou řešeny v rámci nestrukturované sítě kopírující terén, složené z převážně hexaedrických buněk. Počet buněk vychází z prostorového rozlišení zadaného uživatelem.

Model WindNinja umožňuje simulovat proudění vzduchu v prostoru v rámci předem zvolené domény pro libovolně zvolenou výšku. Oba z numerických řešičů modelu umožňují věrnou reprezentaci proudění a jeho ovlivnění terénem – např. zrychlení při proudění přes hřeben, kanálové proudění, či zpomalení na závětrné straně (Forthofer et al., 2014; Wagenbrenner et al., 2016). Je však známo, že řešič COM není schopen realisticky simulovat proudění v oblastech, kde dominuje efekt hybnosti, jako např. na závětrných stranách terénních překážek, kde se proudění rozděluje a může docházet k recirkulaci

a reverznímu proudění (Lopes, 2003). Tato skutečnost byla hlavní motivací pro implementaci druhého numerického řešiče CFD (Wagenbrenner et al., 2019). Pro simulaci proudění je v případě COM zapotřebí mít v rámci domény alespoň jeden údaj o rychlosti a směru větru (např. pozemní meteorologická stanice). Pro aplikaci CFD je zapotřebí mít doménu reprezentovanou gridovými daty rychlosti a směru (např. numerická předpověď).

Vstupní data modelu WindNinja

Okrajové podmínky pro model WindNinja představuje terén, sklonitost, expozice, typ a vlastnosti povrchu, rychlost a směr větru v bodech či gridových uzlech v případě prostorových dat. Dodatečnými vstupními daty mohou být teplota vzduchu a oblačnost, na základě nichž je určen efekt stability atmosféry na vertikální složku pohybu vzduchu.

Pro modelový případ VN Švihov popisovaly okrajové podmínky předem zvolenou simulační doménu o rozsahu 25 × 25 km. Takovýto rozsah domény je nezbytný, neboť simulace na okrajích domény nejsou spolehlivé. Obecně je doporučováno mít doménu dimenzovanou tak, aby zájmová oblast neležela na hranici domény, ale aby okolo zájmové oblasti byla 10–20% rezerva.

Pro potřeby projektu byl využit model terénu DMR4g v prostorovém rozlišení 5 m a z něj odvozený sklon svahů a expozice. Další vstupy představující typ povrchu (v modelu nazývaný jako palivový typ) a korunový zápoj byly převzaty z LCP souboru sloužícího jako vstup pro model FlamMap. Vzhledem k tomu, že doména modelu WindNinja byla podstatně větší (25 × 25 km) než doména modelu FlamMap, byly posledně zmíněné vrstvy (palivový typ a zápoj korun) mimo doménu FlamMapu odvozeny z mapy využití krajiny Corine 2018 (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>). Z těchto vrstev je v modelu WindNinja interně odvozena drsnost povrchu. Všechny pět vrstev prostorových dat bylo sloučeno do jednoho LCP souboru sloužícího jako vstupní soubor popisující vlastnosti povrchu. Další vstupní data představovala průměrná teplota a oblačnost reprezentující celou doménu. Ty byly určeny z dat atmosférické věže Košetice (49.57, 15.08). Hlavní vstupní data představují směr a rychlost větru. V rámci projektu byly testovány různé způsoby inicializace pole větru (viz následující sekce), nicméně pro hlavní běhy byla využita bodová inicializace měřením rychlosti a směru větru na atmosférické věži Košetice ve výšce 125 m.

Způsoby inicializace, výpočetní nároky a výstupy modelu WindNinja

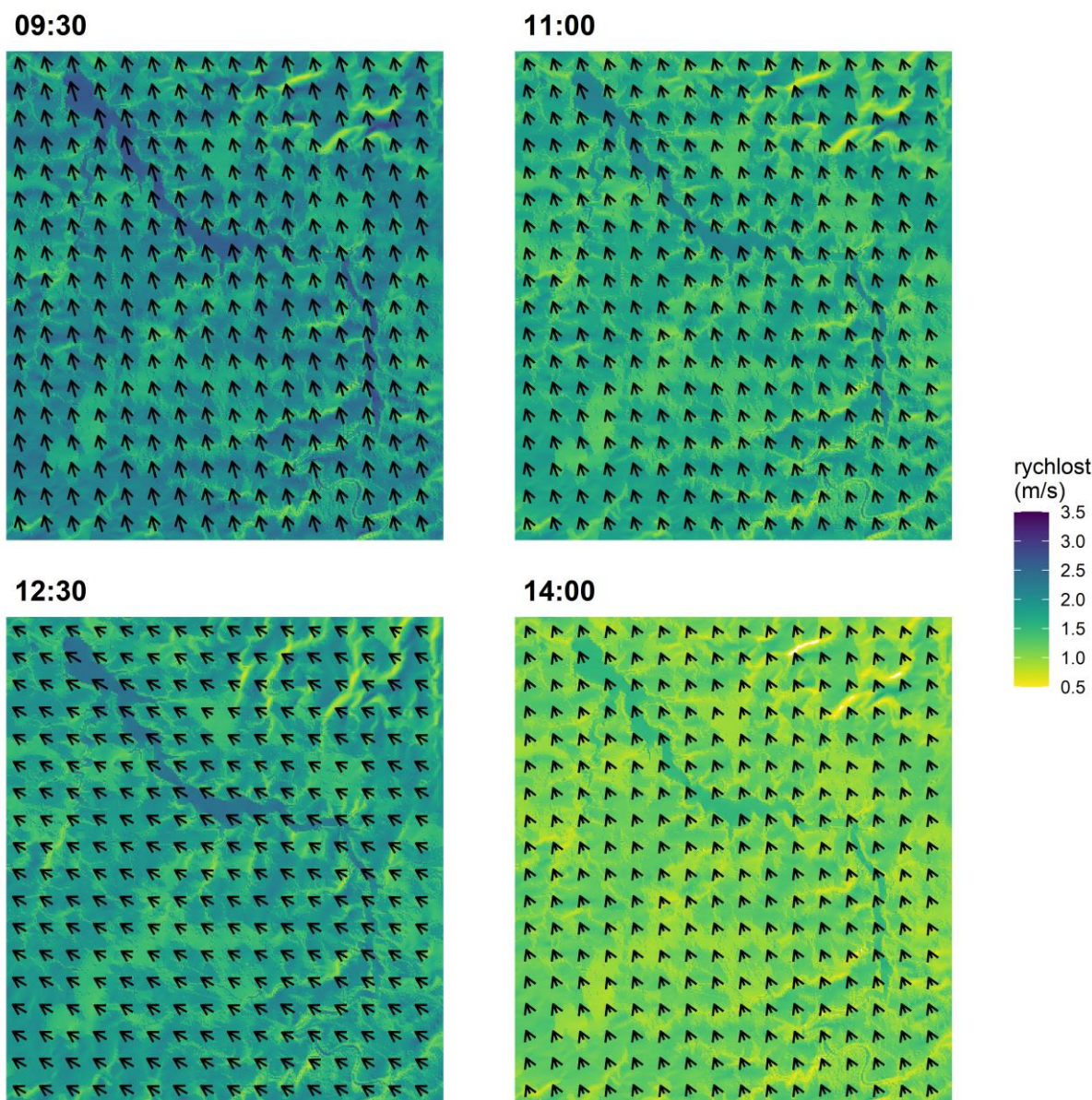
Model WindNinja lze označit jako model diagnostický. To znamená, že je schopen vyřešit rovnice proudění v rámci simulované sítě buněk pouze pro čas, pro který jsou hodnoty rychlosti a směru větru známy alespoň v jednom bodě. Model tedy neumožňuje predikovat vývoj proudění v čase, ale pouze v prostoru. Jedná se tedy o jistou formu fyzikálně založené prostorové interpolace či downscalingu. Počáteční podmínky modelu WindNinja, tj. rychlost a směr větru, mohou být poskytnuty buď jako bodová data (jeden či více bodů) či jako plošná gridová data. Bodová měření mohou představovat např. stanice ČHMÚ, atmosférická věž Košetice, vlastní měření apod. Gridová data pak mohou představovat např. numerickou předpověď počasí IFS (Roberts et al., 2018) či meteorologickou reanalýzu ERA5 či ERA5 land (Muñoz-Sabater et al., 2021). V případě bodových inicializací je model schopen aplikovat pouze numerický řešič COM, v případě prostorových dat pak i řešič CFD. V rámci projektu byly testovány různé typy inicializací včetně stanice ČHMÚ (výška měření 10 m), atmosférické věže Košetice (125 m) a meteorologické reanalýzy ERA5 land (10 m).

Numerický řešič CFD sice poskytuje detailnější reprezentaci pole větru, nicméně nároky na výpočetní čas jsou řádově vyšší. V rámci projektu byla prostorová doména zvolena v rozsahu 25 × 25 km a prostorové rozlišení simulace 25 m. Vyšší rozlišení nebylo vzhledem k nárokům na operační paměť realizovatelné. Testování proběhlo na výpočetním stroji s 250 jádry, operační pamětí 512 GB RAM a operačním systémem Rocky Linux. Simulace ve 30 minutovém časovém kroku pro 24 hodin s bodovou inicializací a využitím numerického řešiče COM trvala cca 5 minut.

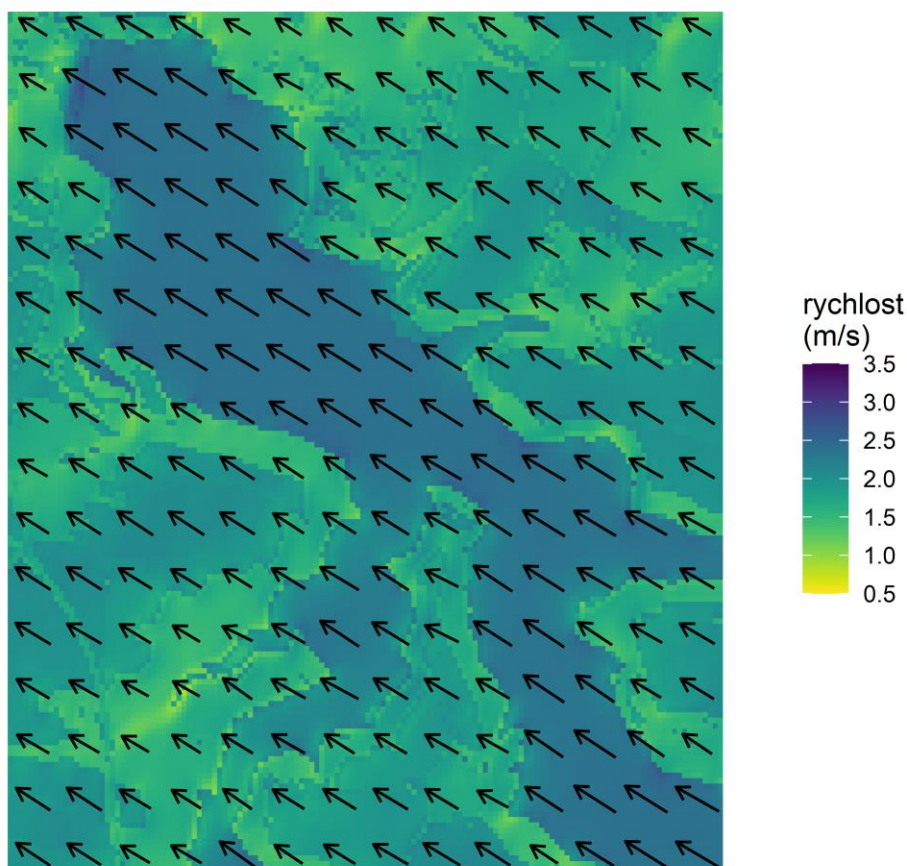
Výstupní data modelu WindNinja obsahují rychlost a směr větru ve formátu .asc či .kmz. Časový krok je určen časovým krokem vstupních dat, nicméně může být i zahuštěn pomocí časové interpolace. V případě bodové inicializace byl použit 30 minutový časový krok a v případě prostorové inicializace 60 minutový časový krok.

Příklady simulací proudění větru modelem WindNinja z okolí vodní nádrže Švihov

Pro demonstraci modelu WindNinja byla použita bodová inicializace daty z atmosférické věže Košetice ve výšce 125 m pro den 14. 9. 2021. Tento den se nad střední Evropou nacházelo nevýrazné pole vyššího tlaku vzduchu. Horizontální tlakový gradient byl velmi malý, v Košetících během dne převažovalo slabé jiho–jihovýchodní až jihovýchodní proudění. Obloha byla jasná, odpoledne se jen přechodně vyskytla malá oblačnost (Obr. 29, Obr. 30).



Obr. 29. Ukázka výstupu simulace modelem WindNinja v okolí vodní nádrže Švihov během dne 14. 09. 2021 – pole rychlosti (barevná škála) a směru větru (šipky). Prostorové rozlišení simulace je 25 m a zobrazené veličiny odpovídají výšce 10 m nad povrchem. Vodní hladina je charakteristická nízkou aerodynamickou drsností, a proto je vodní nádrž patrná jako oblast se zvýšenou rychlostí větru.

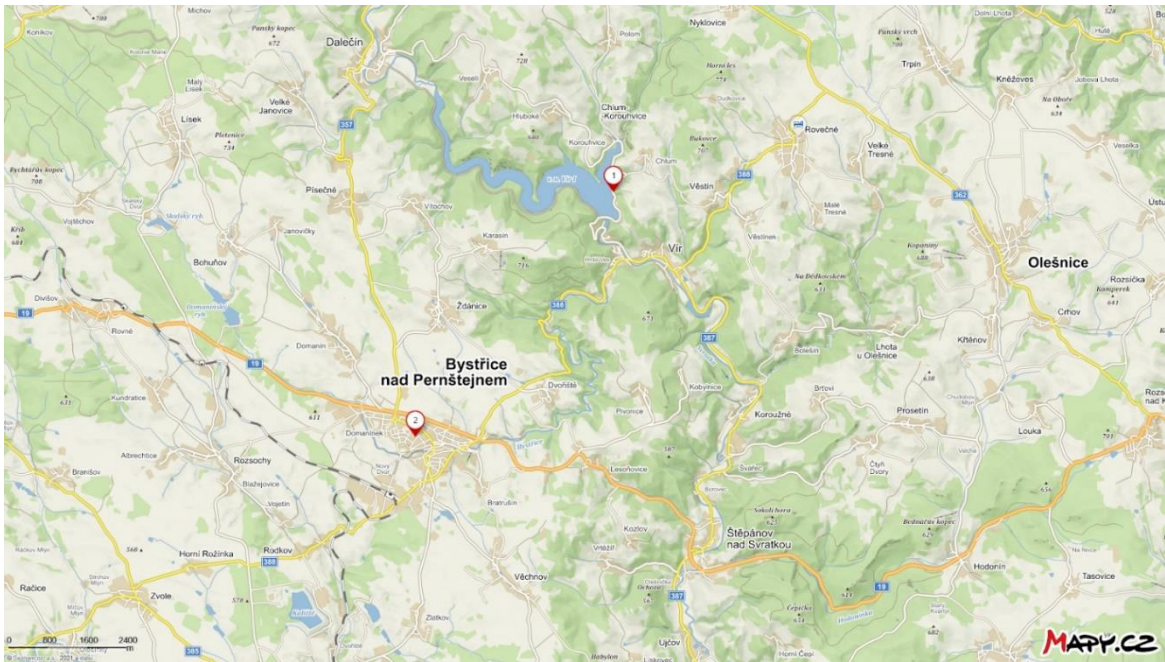


Obr. 30. Detailnější náhled na výstup modelu WindNinja v okolí vodní nádrže Švihov dne 14. 09. 2021 v čase 11:30 SEČ – pole rychlosti (barevná škála) a směru větru (šípky). Prostorové rozlišení simulace je 25 m a zobrazené veličiny odpovídají výšce 10 m nad povrchem. Vodní hladina je charakteristická nízkou aerodynamickou drsností, a proto je vodní nádrž patrná jako oblast se zvýšenou rychlostí větru. Nejvyšší rychlosti byly simulovány nad hrází a nad vodní hladinou ve zúženích údolí.

Mezi možné aplikace simulací modelem WindNinja patří predikce rizika požárů, jejich šíření a vývoj. Při požárech v okolí vodárenských nádrží je vysoké riziko kontaminace vodního zdroje např. sekundární erozí v důsledku odstranění porostu, splachy anorganické i organické hmoty, popele a jiných nežádoucích látek. Pro vyjádření míry rizika šíření těchto nežádoucích látek je zapotřebí detailního hydrodynamického modelu simulujícího proudění vody a pohyb škodlivin v nádrži. Takovýto model bude vyžadovat rychlost a směr větru jako jednu z klíčových okrajových podmínek, kterou lze získat právě pomocí modelu WindNinja, ať už s bodovou či prostorovou inicializací. Prostorová inicializace modelu WindNinja pomocí předpovědního systému IFS může mít velký potenciál pro předpovědi požárního rizika, ale i dopadů požáru na několik dní dopředu.

4.3 VN Vír I

Nejbližší meteorologická stanice ČHMÚ je umístěna cca 14 km od VN Vír I, měření rychlosti větru zde neodpovídá realitě větrných poměrů v bezprostředním okolí vodní nádrže. Z tohoto důvodu byla na hrázi VN Vír I nově zřízena meteorologická stanice ČHMÚ (Obr. 31, Obr. 32).

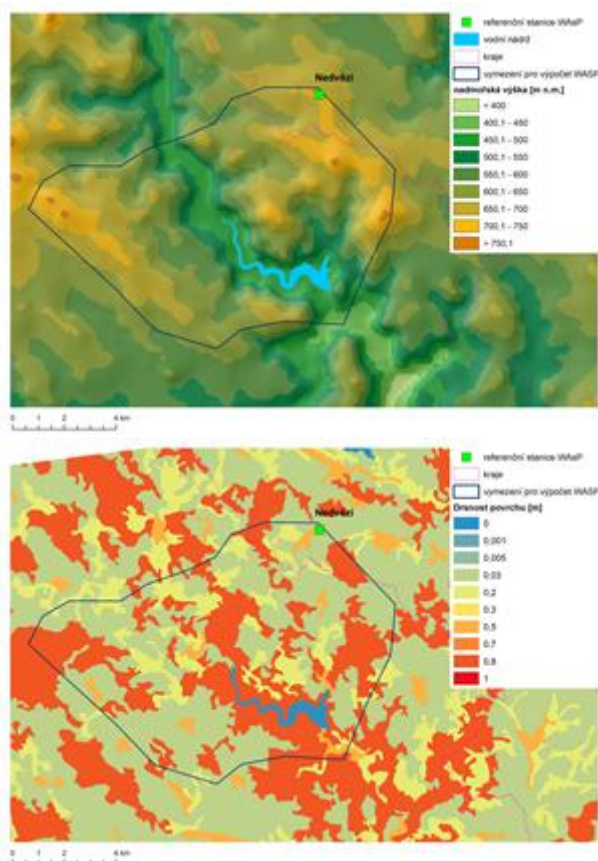


Obr. 31. Nově zřízená meteorologická stanice na hrázi Vířu (1) a meteorologická stanice ČHMÚ (2).

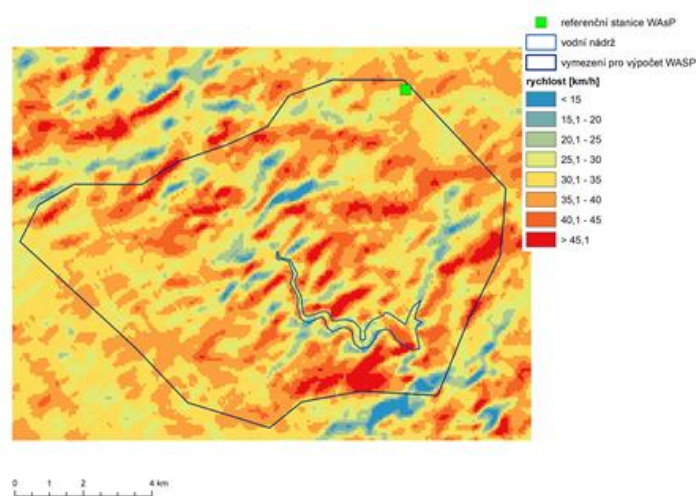


Obr. 32. Nově zřízená meteorologická stanice na hrázi Vířu.

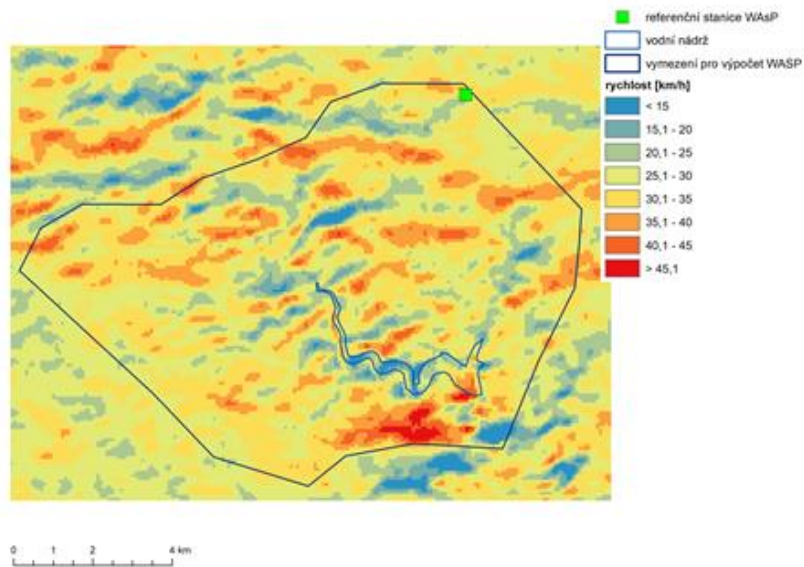
Pro vodní nádrž Vír I byly ve výpočtu modelu WASP využity hodnoty z měření charakteristik větru klimatologické stanice Nedvězí (B2NEDV01) a to z toho důvodu, že bližší stanice v Bystřici nad Pernštejnem má vzhledem ke své lokalizaci v městské zástavbě měření větru výrazně ovlivněno překážkami. Průměrná rychlost větru je během roku v oblasti VN Vír I 4,3 m/s a převažují zde jižní a západní směry větru. Nejvyšších rychlostí pak v průměru dosahují jižní a západní větry. Při jižním směru a ještě výrazněji při severním proudění větru je pak z výsledků modelu WASP patrné, že nejvyšší rychlosti větru jsou modelovány v oblastech na jih od vodní nádrže a pak také v jihovýchodní části vodní nádrže. Vysoké rychlosti větru predikuje model také ve výše položených oblastech uzavírajících údolí vodní nádrže (Obr. 34, Obr. 35).



Obr. 33. Vstupy do modelu WasP – výškový model okolí VN Vír I a drsnost povrchu v okolí nádrže.



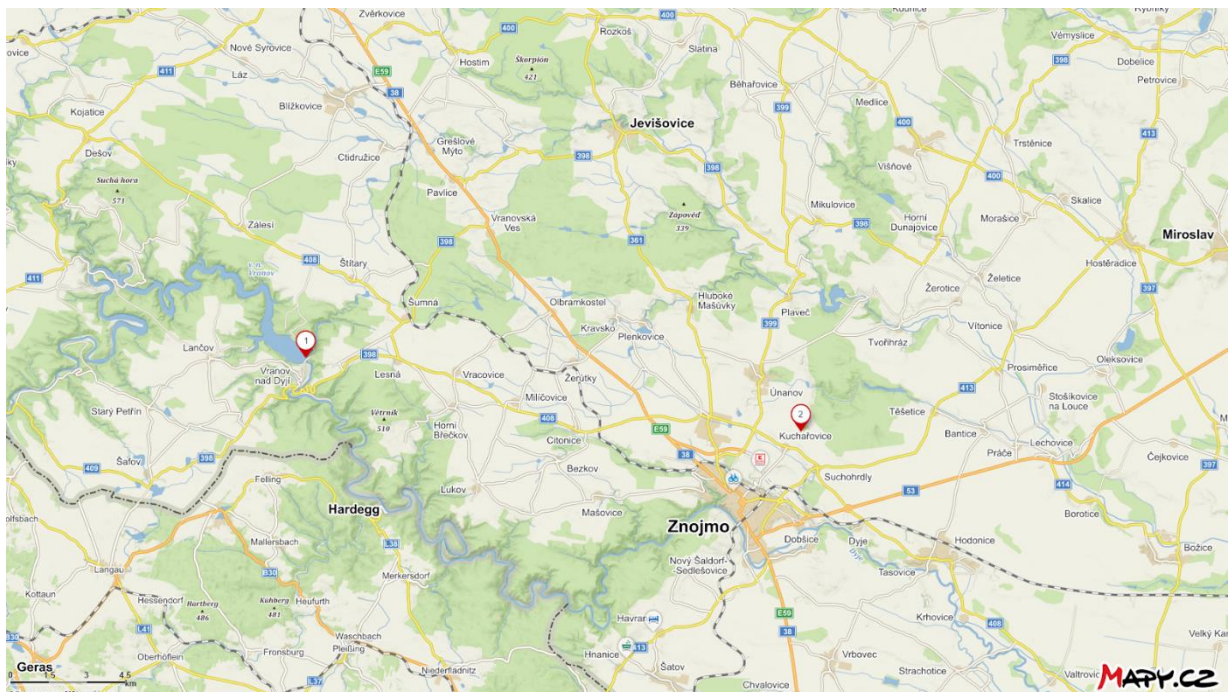
Obr. 34. Výstup modelu WASP – pole 90. percentilu maximálních 10–ti minutových rychlostí větru dne 23. 4. 2019, převládající směr větru je jihovýchodní.



Obr. 35. Výstup modelu WASP – pole 90. percentilu maximálních 10–ti minutových rychlostí větru dne 23. 4. 2019, převládající směr větru je severní.

4.4 VN Vranov

Nejbližší meteorologická stanice ČHMÚ k VN Vranov se nachází v cca 24 km vzdálených Kuchařovicích. Ani zde měření rychlosti neodpovídá realitě větrných poměrů v bezprostředním okolí vodní nádrže. Z tohoto důvodu byla na hrázi VN Vranov také zřízena meteorologická stanice (Obr. 36, Obr. 37).

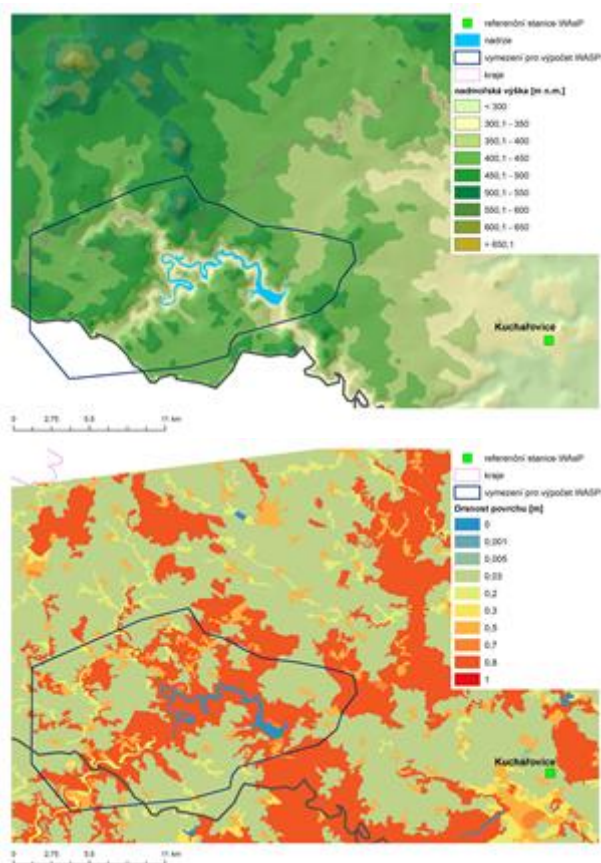


Obr. 36. Nově zřízená meteorologická stanice na hrázi Vranova (1) a meteorologická stanice ČHMÚ (2).

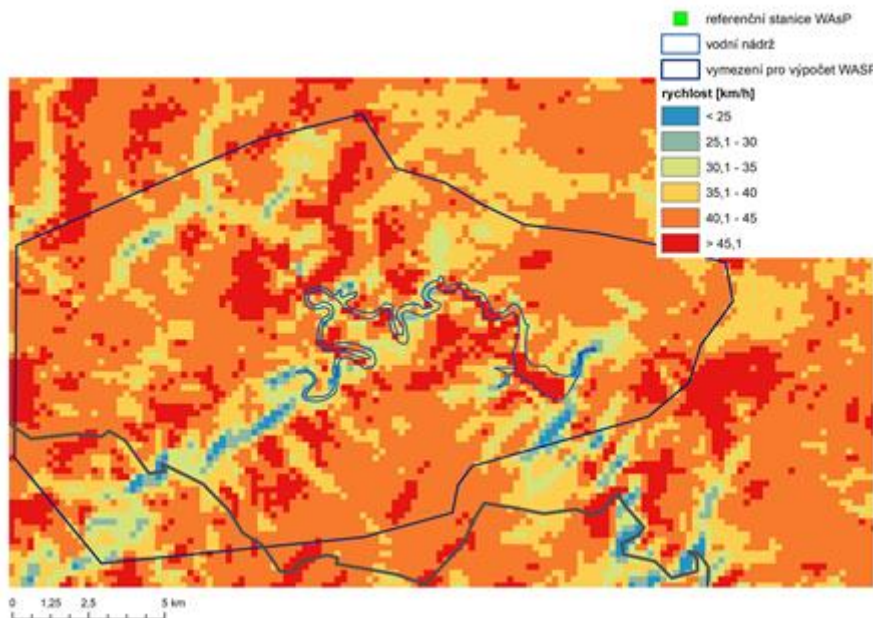


Obr. 37. Nově zřízená meteorologická stanice na hrázi Vranova.

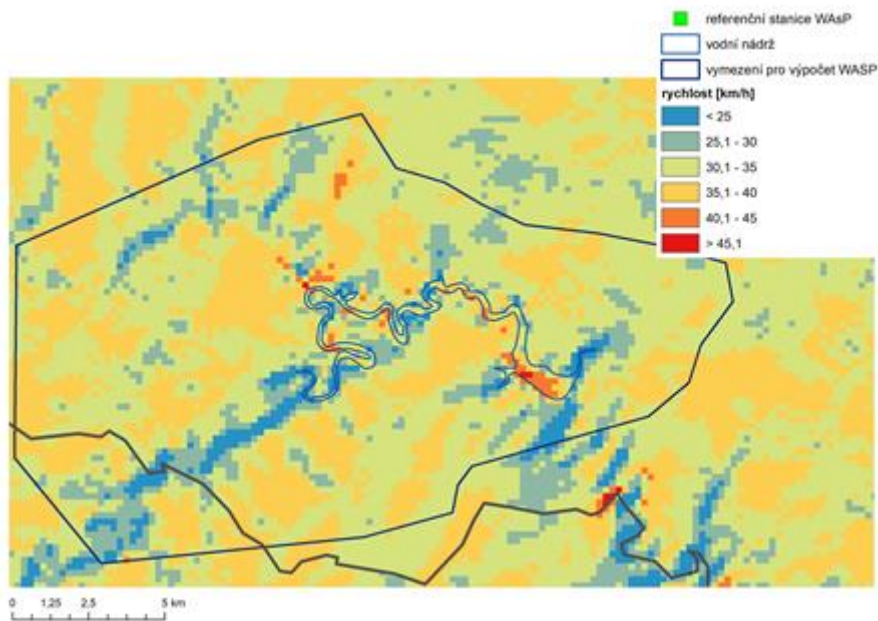
Pro vodní nádrž Vranov byly ve výpočtu modelu WASP využity hodnoty z měření charakteristik větru klimatologické stanice Kuchařovice (B2KUCH01) a to i přes fakt, že se tato stanice nachází výrazně dále od nádrže, než tomu bylo v případě ostatních zpracovávaných nádrží. Průměrná rychlost větru je během roku v oblasti 3,5 m/s a převažují zde výrazně severní a severozápadní směry větru. Větrné proudění z těchto směrů a pak také z jihovýchodu dosahují během roku i nejvyšších rychlostí. Z výsledků modelu WASP je patrné, že při vysokých rychlostech větru jsou nejvyšší rychlosti predikovány v oblastech severozápadně od vodní nádrže a pak také pro střední a jihovýchodní část vodní nádrže (Obr. 39, Obr. 40).



Obr. 38. Vstupy do modelu WasP – výškový model okolí VN Vranov a drsnost povrchu v okolí nádrže.



Obr. 39. Výstup modelu WAsP – pole 90. percentilu maximálních 10–ti minutových rychlostí větru dne 23. 4. 2019, převládající směr větru je jihovýchodní.



Obr. 40. Výstup modelu WASP – pole 90. percentilu maximálních 10–ti minutových rychlostí větru dne 11. 6. 2019, převládající směr větru je jihovýchodní.

5. VYHODNOCENÍ STANOVIŠTNÍCH CHARAKTERISTIK OKOLÍ NÁDRŽÍ

Vliv samotného terénu, jeho porostní situace a samozřejmě hořlavost a množství dostupného „paliva“ je z hlediska intenzity, šíření a také důsledků přírodních požárů kromě meteorologických předpokladů a klimatických trendů klíčovým předpokladem pro posouzení reálného požárního rizika v jakémkoliv území. V tomto materiálu se však věnujeme této problematice jen okrajově, stejně jako opomíjíme možnosti, jak omezit vznik a případný rozsah přírodních požárů. Této problematice se podrobně věnuje metodika paralelně zpracovaná Trnkou et al. (2020). Nicméně z této práce uvádíme některé dílčí aspekty nutné pro využití této metodiky zaměřené na předpověď požárního počasí a také rizika spojeného s dalším pokračováním dosavadního klimatického vývoje.

5.1 Geomorfologie

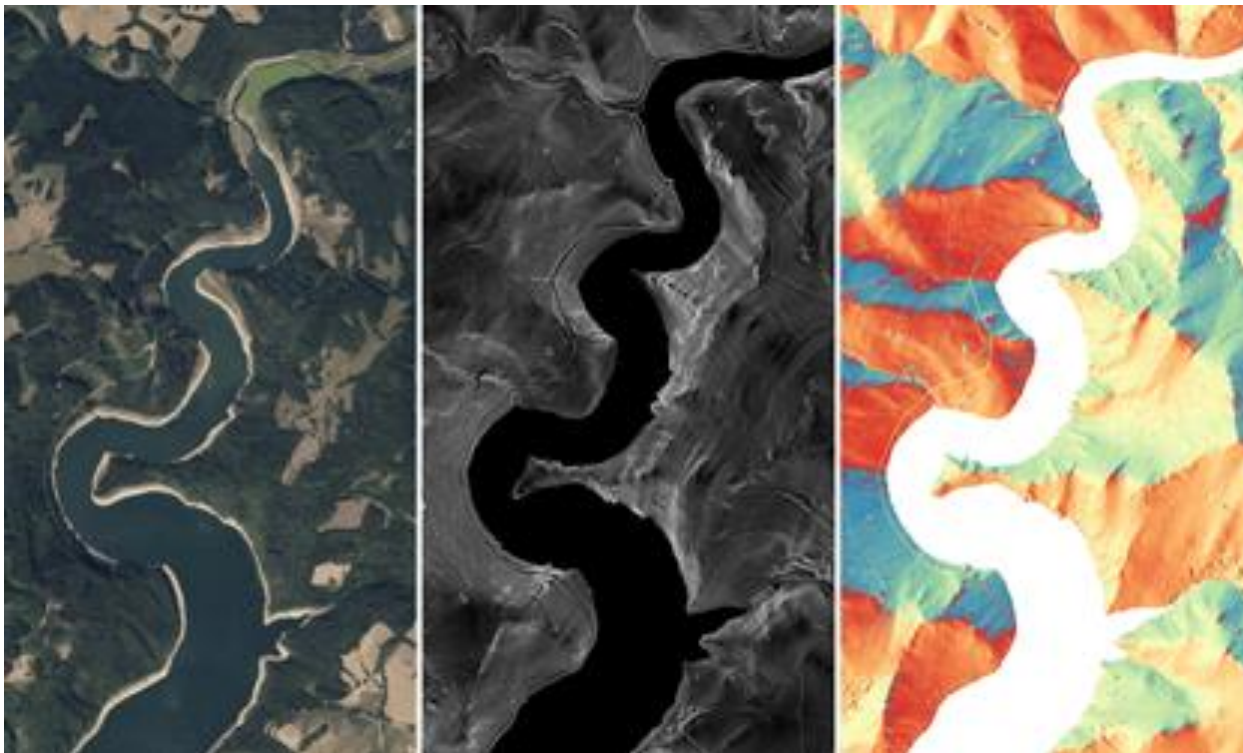
5.1.1 Základní popis

Z geomorfologických charakteristik, které ovlivňují možnost vzniku a šíření požárů, jsou nejdůležitější vlastnosti místa odvozené z orografie území: nadmořská výška, orientace ke světovým stranám (expozice) a svažitost (Obr. 41).

Základním zdrojem informace o terénu kdekoli v České republice jsou výškopisná data spravovaná Zeměměřičským úřadem (ČÚZK), a to především Digitální model reliéfu (DMR) 4. a 5. generace. Viz <https://geoportal.cuzk.cz/>, datové sady, sekce ZABAGED – výškopis.

Modely DMR vznikly z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013. Modely DMR představují zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v pravidelné síti (5 x 5 m) bodů (DMR4g), respektive v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů (DMR5g) o souřadnicích X, Y, H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání.

V případě potřeby detailnějšího prostorového rozlišení a/nebo časově aktuálnějších informací o terénu lze pořídit data leteckého laserového skenování pro danou zájmovou lokalitu. Model terénu se z nich počítá triangulací bodů mračna zařazených jako terén a následnou rasterizací do pravidelné sítě, například v rozlišení 1 metr.

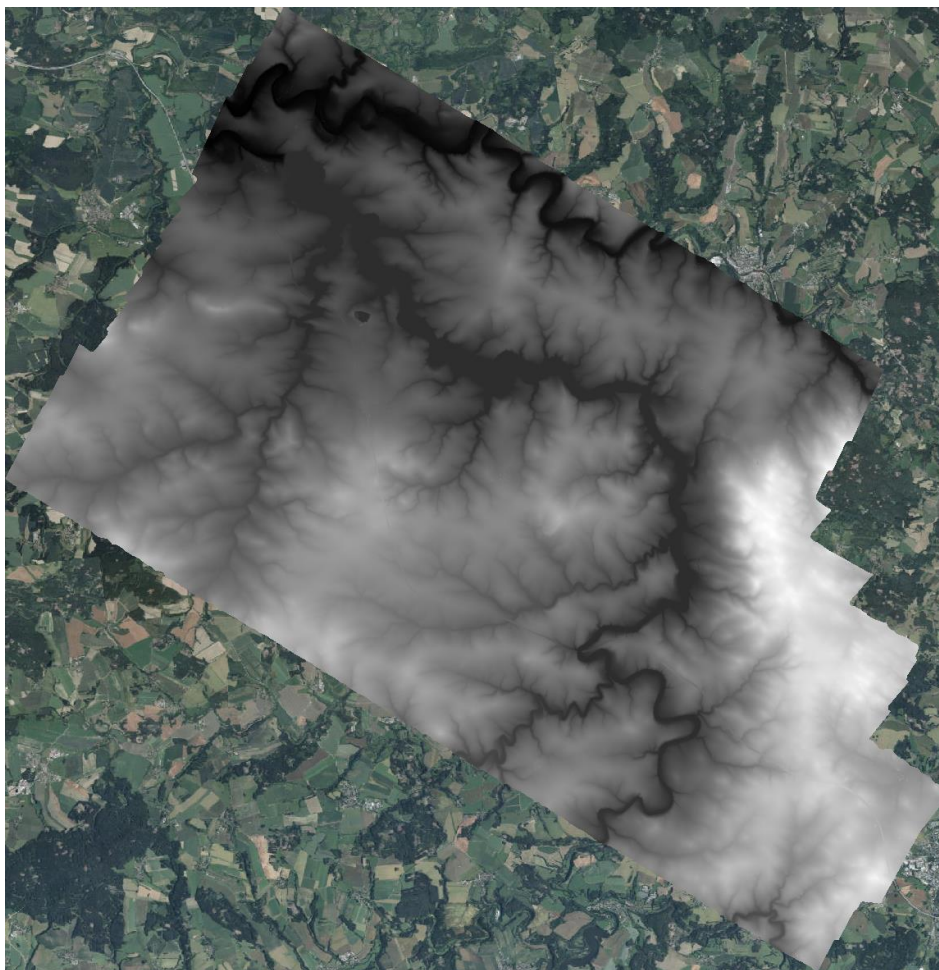


Obr. 41. (zleva): a) ortofoto části přehrady Vír (otočeno severem vpravo); b) sklon svahů odvozený z modelu terénu; c) orientace svahů ke světovým stranám.

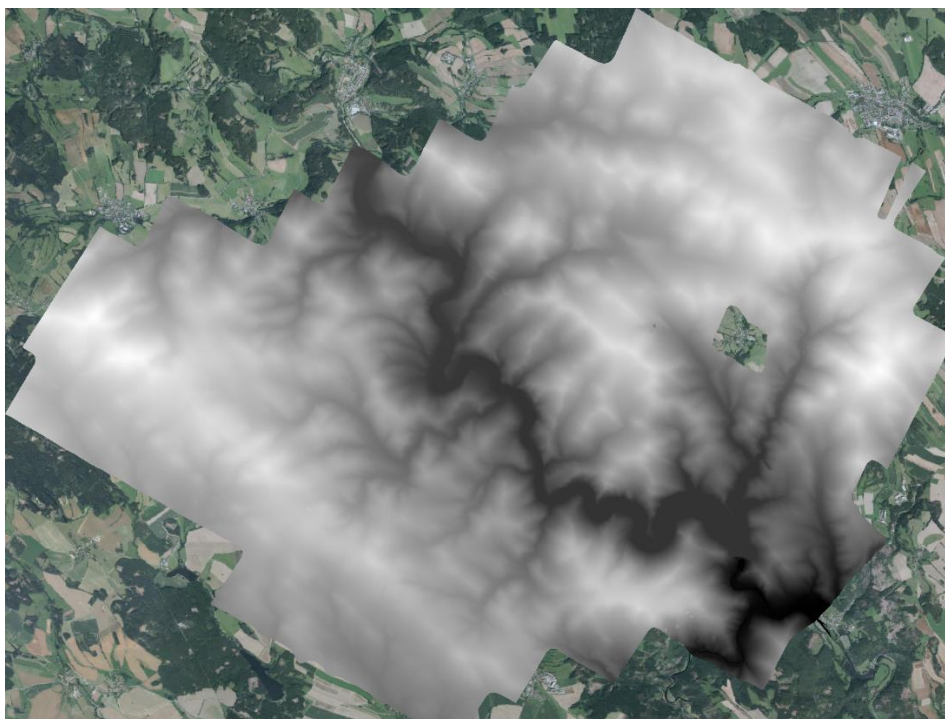
5.1.2 Praktická aplikace

Na základě aktuálního leteckého laserového skenování byl zpracován model terénu v okolí tří zájmových nádrží v prostorovém rozlišení 1 m. Posloužil k detailnějším analýzám odtokových poměrů, kde bylo potřeba.

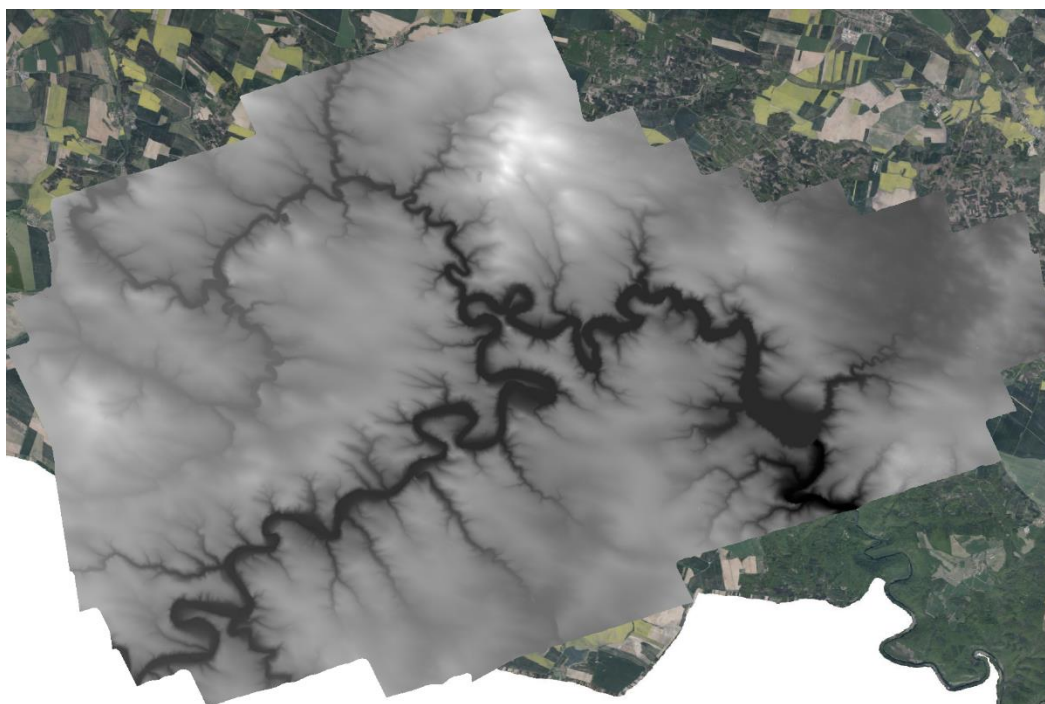
Pro účely modelování šíření požárů v prostředí FlamMap jsme využili model terénu DMR4g a z něj odvozené vrstvy: sklon svahů a expozice. Přistoupili jsme k tomu z následujících důvodů: 1) Prostorové rozlišení 5 m DMR4g je v souladu s pravidelnou bodovou sítí stejného rozlišení, kterou jsme používali při přípravě všech vstupních rastrů do prostředí FlamMap. 2) V souladu s intuicí, analýza rozdílů mezi DMR4g a modelem terénu z aktuálních leteckých dat neodhalila významné rozdíly, které by prvně jmenovaný zdroj vyřadily coby zastaralý. 3) Model terénu DMR4g je nad rámec automatického zpracování ručně vyčištěný od artefaktů, jako je například nespojitost terénu pod budovami.



Obr. 42. Model terénu v okolí VN Švihov.



Obr. 43. Model terénu v okolí VN Vír I.



Obr. 44. Model terénu v okolí VN Vranov.

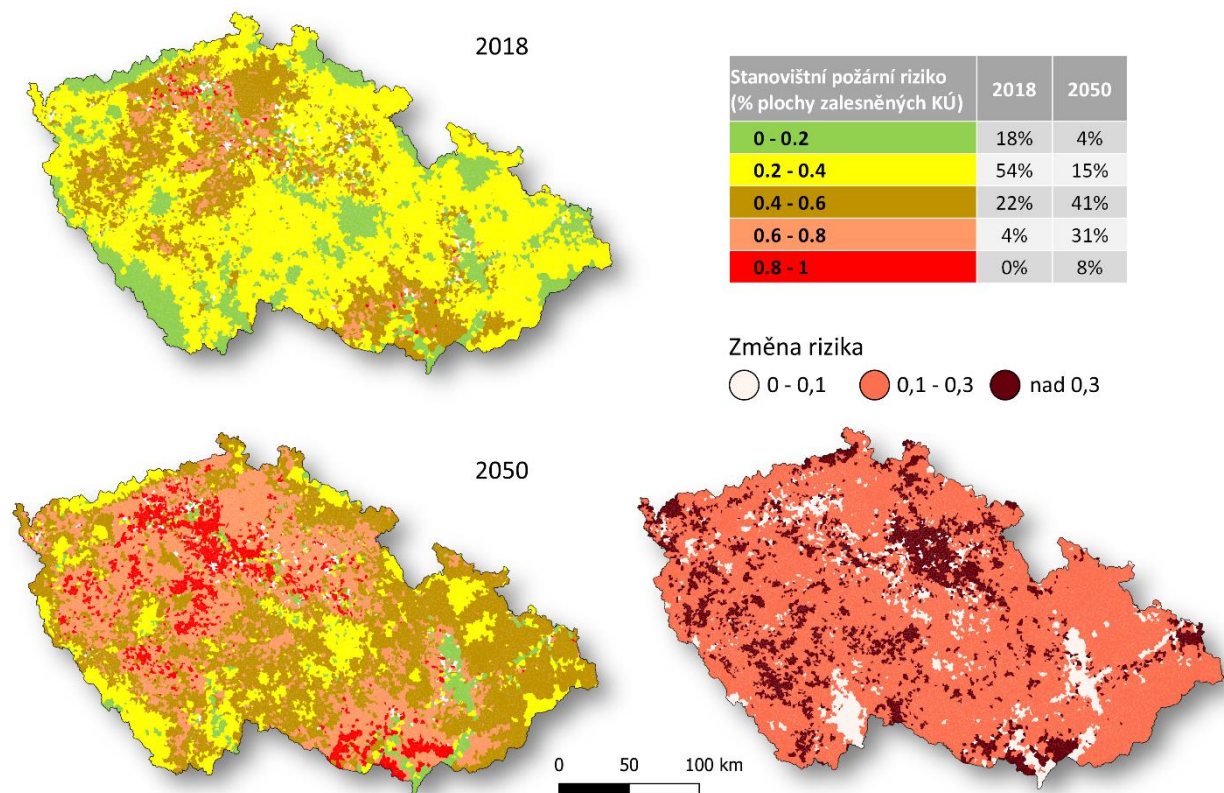
5.2 Stanoviště na bázi lesnické typologie a typizace zemědělských pozemků

5.2.1 Základní popis

Hodnocení požárního rizika na bázi lesnické typologie bylo podrobně popsáno v návazném metodickém materiálu „Doporučená adaptační a mitigační opatření v rizikových oblastech výskytu přírodních požárů s přihlédnutím k měnícímu se klimatu – Certifikovaná metodika (Trnka et al., 2020b). Stručný excerpt z tohoto zdroje je uveden níže, včetně výsledné klasifikace lesních stanovišť extrapolovaných na jednotky individuálních katastrů v plošném zobrazení České republiky (Obr. 45).

Stanovení požárního rizika z hlediska stanoviště vychází z lesnické typologie, která je v ČR legislativně zakotvena v příloze č. 2 vyhlášky č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Uvedená příloha obsahuje přehled tzv. souborů lesních typů (SLT). SLT jsou jednotky sdružující lesní typy (LT) na základě podobnosti růstových poměrů. Ty jsou podkladem pro diferenciaci lesnického hospodaření. SLT jsou definovány lesními vegetačními stupni (LVS) a edafickými kategoriemi. LVS představující výškový klimatický gradient mají číselné označení 1 až 10 (azonální společenstva borů označena 0). LVS 10 je arktóalpinum, které je primárním bezlesím a do odvození požárního rizika není zahrnuto. Edafické kategorie (celkem 25) pak vyjadřují půdní a vláhové poměry. Ty jsou ovlivněny geologickým substrátem a morfologií terénu. Uvedené charakteristiky vypovídají o vláhových poměrech stanoviště a charakteru vegetace (ať již potenciální nebo aktuální). Takto pojaté charakteristiky SLT (tj. průnik LVS a edafických kategorií) podle lesnické typologie tvoří rámec a jednu z vrstev pro odvození míry rizika vzniku a rozvoje lesních požárů. Do hodnocení míry rizika požárů podle charakteru stanoviště tedy implicitně vstupují i) vláhové poměry stanoviště, ii) morfologie terénu, potenciální charakter iii) přízemní a iv) dřevinné vegetace a některá další hlediska. Podrobný popis je uveden v návazném metodickém materiálu Trnka et al. (2020b). Výsledná klasifikace požárního rizika na bázi lesnické typologie uvádí Obr. 45, a to pro situace současného stavu (2018) a předpokládané změny stanovištního rizika k roku 2050.

POŽÁRNÍ RIZIKO - LESNÍ STANOVIŠTĚ



Obr. 45. Klasifikované stanovištní riziko v celoplošném zobrazení na bázi lesnické typologie a klimatických projekcí, zobrazeno průměrné riziko v prostorových jednotkách katastrálních území pro nedávný/aktuální stav (2018) a projekci k roku 2050, včetně změny rizika pro toto období (převzato z Trnka et al., 2020).

Pro hodnocení míry rizika stanoviště byla připravena relativní škála určující míru rizika. Ta nabývá hodnot od 0,1 (nízké riziko), 0,3 (mírně zvýšené), 0,5 (střední), 0,7 (vysoké), do 0,9 (velmi vysoké). Obecně platí, že nízké a mírně zvýšené riziko požárů se nachází ve vyšších a horských polohách bez ohledu na edafickou kategorii. Ta je určující pro odvození rizika požárů v polohách nižších a středních. Přehled určených faktorů rizika stanoviště v tabulce SLT je dokumentován v Tab. 3.

Specifické postavení v příložené tabulce (Tab. 3) má LVS 0 bory, který není definován výškovým klimatem, nýbrž vyhraněnými půdními vlastnostmi – vyskytuje se obvykle napříč několika vegetačními stupni. Důsledkem je širší interval možných požárních rizik v rámci jednoho SLT. V souvislosti s klimatickou změnou je v borech mimo edafické kategorie trvale ovlivněné vodou koeficient požárního rizika zvýšen o ekvivalent odpovídající jednomu až dvěma vegetačním stupňům.

Tab. 3. Relativní míra rizika stanoviště pro kategorie souboru lesních typů (SLT).

Edafická kategorie	LVS Charakteristika	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Napříč LVS písky, hadce, skály aj.	Nižší polohy cca ≤ 400 m n. m. prům. teplota >8°C, srážky < 650 mm/rok	Střední polohy cca 400 - 600 m n. m. prům. teplota 6-8°C, srážky 650-800 mm/rok	Vyšší polohy cca 600-900 m n. m. prům. teplota 5-6°C, srážky 800-1050 mm/rok	Horské polohy nad 900 m n. m. prům. teplota <5°C, srážky >1050 mm/rok					
X	Převážně výrazné sucho, záhřevné	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	-	-	-	-	-
C	svahy, hřbety, substráty, ztížené hašení	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	-	-	-	-
W	Mírně sucho, trávy	-	-	0,7	0,5	0,5	0,3	-	-	-	-
Z	Extrémní terény a svahy	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1
Y	rychlé šíření ohně,	0,5	-	-	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	-
J	velmi obtížné hašení	-	0,5	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-
A	Exponované svahy rychlé šíření ohně, těžký terén, obtížné hašení	-	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	-
F		-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	-
N		0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	-
M	Chudé a kyselé půdy	0,6	0,7	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	-
K	za sucha hořlavá přizemní vegetace	0,6	0,7	0,7	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
I	běžné terény	-	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	-	-	-
S	Živé půdy	-	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	-
B		převážně bylinná méně hořlavá	-	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	-
H		vegetace, obvykle běžné terény	-	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	-	-
D		-	-	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	-
V	Ogļejené půdy (gleje)	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-
O	po část roku zvýšená půdní vlhkost, kromě „V“ zpravidla rovinaté terény – méně úrodné		0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-
P	Podmáčené půdy		0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-
Q			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-
T			0,1	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-
G		trvale zvýšená půdní vlhkost,	0,1	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
R	Neodvodněné										
R	Odvodněné rašeliny, riziko podzemních požárů	0,2	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
L	Luhy	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-
U	trvalá vlhkost, listnáče	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-

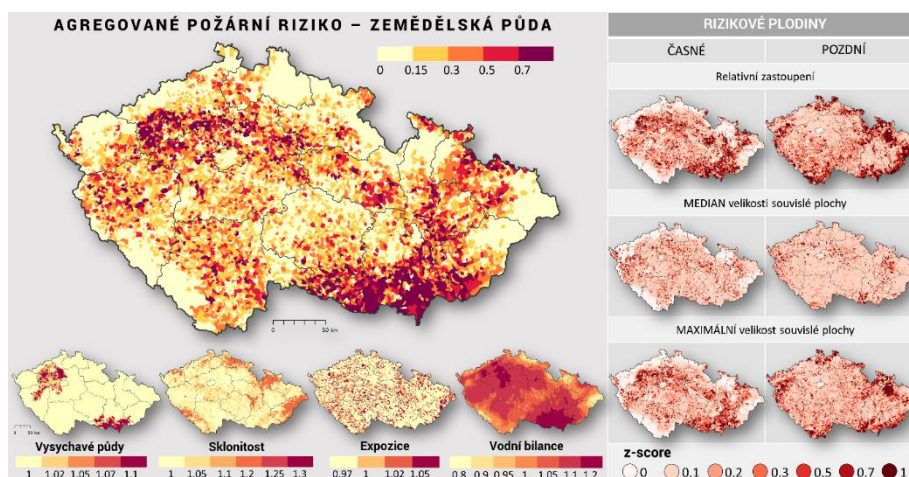
Nedávný stav po současnost

Stupnice
(riziko vzestupně)

0,1	nizké
0,3	mírně zvýšené
0,5	střední
0,7	vyšší
0,9	velmi vysoké
-	SLT nevyjádřen

Hodnocení požárního rizika na zemědělských pozemcích bylo podrobně popsáno v návazném metodickém materiálu „Doporučená adaptační a mitigační opatření v rizikových oblastech výskytu přírodních požárů s přihlédnutím k měnícímu se klimatu – Certifikovaná metodika (Trnka et al., 2020b). Stručný excerpt z tohoto zdroje je uveden níže, včetně výsledné klasifikace zemědělských stanovišť extrapolovaných na jednotky individuálních katastrů v plošném zobrazení České republiky (Obr. 46).

Podobně jako u lesních porostů, i u zemědělské půdy platí, že subjektivní odhad je nejrychlejší cestou k posouzení zájmového území z hlediska požárního rizika a volbě adekvátních opatření k jeho snížení. Předpokládá se dostatečná znalost vlivu jednotlivých faktorů stanoviště, vegetačního krytu a prostorového kontextu na riziko vzniku a šíření požárů. Podobně jako v případě lesních porostů je použita metoda numerického stanovení rizika, které představuje částečně objektivizovaný odhad. Jeho výhodou je možnost uplatnění stejného algoritmu na různá hodnocená území, nicméně je důležité rozumět aplikačním úskalím výsledku, který umožňuje spíše orientační posouzení pro stanovení celkové míry rizika a kvantifikaci nejvíce ohrožených regionů. Algoritmus numerického stanovení požárního rizika zahrnuje podíl typu plodin, medián velikosti souvislé plochy s požárně rizikovými plodinami (dle LPIS) a také maximální velikost souvislého bloku s rizikovými plodinami stejné kategorie. Tyto základní faktory jsou doplněny o podíl vysychavých půd, expozice a sklonitosti pozemku, a také charakteru vodní bilance území. Podrobná metodika je součástí práce Trnky a kol. (2020) a je prezentována na Obr. 46.

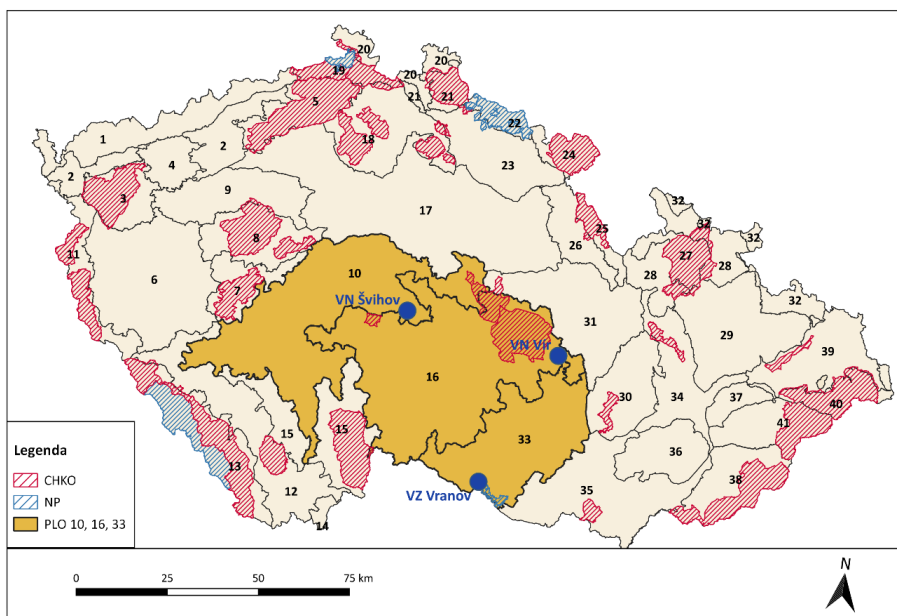


Obr. 46. Klasifikované stanovištní riziko přírodních požárů na zemědělské půdě zpracované na úrovni katastrů v rámci ČR, vycházejícího z klimatických dat 1981–2010 a reálného zastoupení plodin a velikosti pěstebních ploch v roce 2018.

5.2.2 Praktická aplikace

Požární riziko lesních stanovišť pro zájmové území v okolí vodárenských nádrží je odvozeno z detailní analýzy typologických jednotek, které se v zájmovém území nachází. Pro účely porovnání zájmových území z hlediska zastoupení a charakteristik lesních stanovišť jsme využili existující systém rajonizace porostní půdy. Těmi jsou v rámci České republiky tzv. přírodní lesní oblasti (PLO). Jedná se o územní celky vymezené v rámci průzkumu lesních stanovišť na základě geologických, klimatických, orografických a fytogeografických podmínek. Česká republika je rozčleněna na 41 přírodních lesních oblastí. Zájmová území v okolí nádrží spadají do PLO 10 Středočeská pahorkatina, PLO 16 Českomoravská vrchovina a PLO 33 Předhoří Českomoravské vrchoviny. Lokalizace přírodních lesních oblastí je zobrazena na Obr. 47.

PLO 10 Středočeská pahorkatina, PLO 16 Českomoravská vrchovina a PLO 33 Předhoří Českomoravské vrchoviny



Obr. 47. Přírodní lesní oblasti a lokalizace vodních nádrží Švihov a Vír I a vodního zdroje Vranov.

S ohledem na to, že míra rizika závisí zejména na nadmořské výšce a pedologických a hydrologických podmínkách, porovnali jsme PLO z hlediska zastoupení lesních vegetačních stupňů a edafických kategorií (0).

Stanovištní charakteristiky (edafická kategorie a lesní vegetační stupeň) zaujatých přírodních lesních oblastí.

PLO 10 Středočeská pahorkatina				
Edafická kategorie	Podíl rozlohy, %		Lesní vegetační stupeň	Podíl rozlohy, %
Kyselá řada	42,3		2	23,5
Živná řada	34,9		3	49,8
Obohacená humusem	2,9		4	21,2
Oglejená kyselá	15,3			
PLO 16 Českomoravská vrchovina				
Kyselá řada	44,8		4	7,0
Živná řada	27,5		5	63,7
Obohacená humusem			6	23,6
Oglejená kyselá	18,1			
PLO 33 Předhoří Českomoravské vrchoviny				
Kyselá řada	25,9		2	28,5
Živná řada	63,3		3	27,1
Obohacená humusem	5,3		4	29,4
Oglejená kyselá				

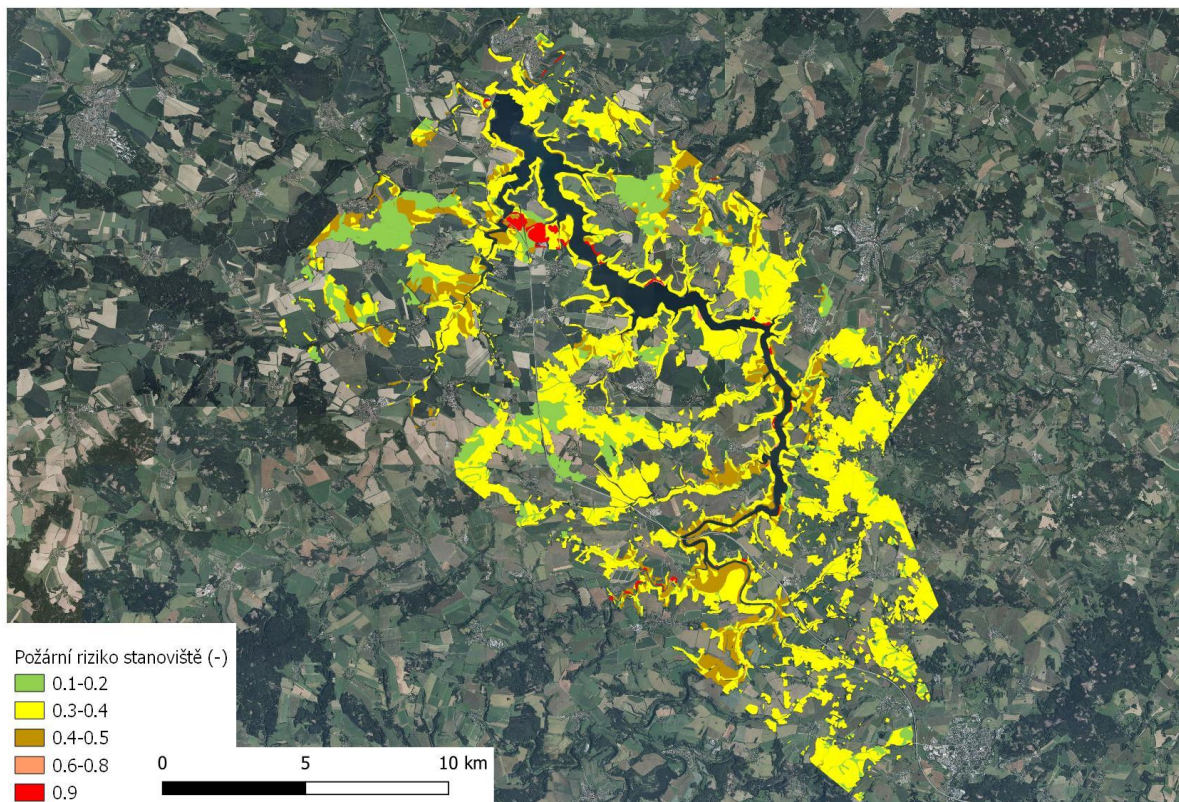
Míra rizika se v budoucnu může měnit s ohledem na vývoj klimatických podmínek. V práci (Trnka a kol. 2020) je posun klimatických podmínek do mapy rizika stanoviště zapracován. Aplikace parametrů změny klimatu do konkrétních stanovištních podmínek v okolí nádrží je popsána níže.

5.2.3 VN Švihov

VN Švihov spadá severní částí povodí do PLO 10 a jižní do PLO 16. Zatímco aktuálně zauímají stanoviště s nižší mírou rizika 87 % rozlohy, tak při naplnění predikce vývoje klimatu se rozloha méně ohrožených porostů sníží na 18 %, tedy takřka o 70 % (Tab. 4, Obr. 48).

Tab. 4. Míra rizika vyplývající z charakteru stanoviště v okolí nádrže Švihov, aktuální stav a predikce k roku 2050.

Míra rizika	Podíl rozlohy 2020, %	Podíl rozlohy 2050, %
0,1–0,2 nízké riziko	18	9
0,3–0,4 mírně zvýšené	69	9
0,5–0,6 střední	12	40
0,7–0,8 vysoké	0	29
0,9 velmi vysoké	1	13
> 0,5 vyšší riziko	13	82



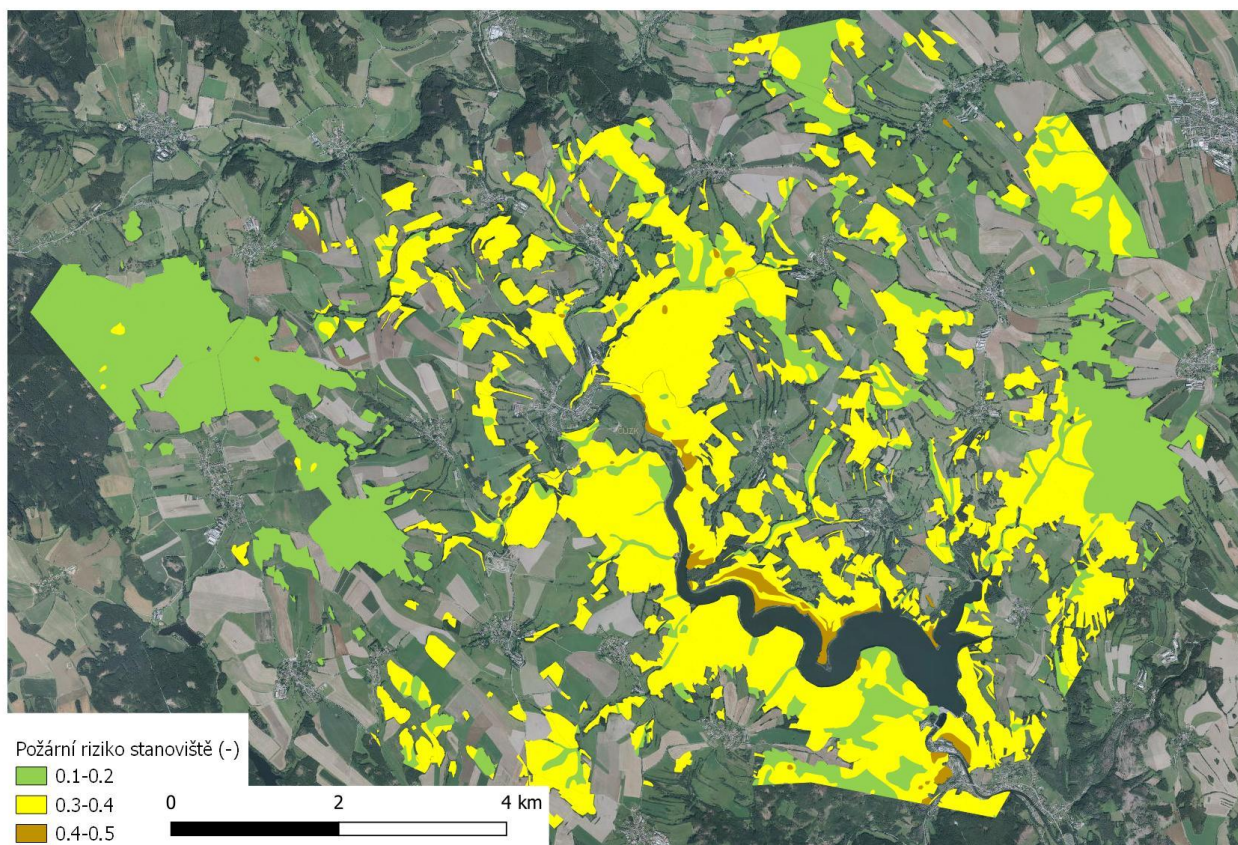
Obr. 48. Aktuální míra rizika vyplývající z charakteru stanoviště pro zájmové území v okolí VN Švihov.

5.2.4 VN Vír I

VN Vír spadá celým povodím do PLO 16. Ve srovnání s PLO 10, zahrnuje PLO 16 stanoviště ve vyšších nadmořských výškách (LVS 5–6), což předurčuje nižší míru rizika vyplývající ze stanovišť nacházející v okolí nádrže pro aktuální situaci. V případě naplnění predikce klimatu k roku 2050, dojde nárůstu rozlohy území se středním a vyšším rizikem o 67 % (Tab. 5, Obr. 49).

Tab. 5. Míra rizika vyplývající z charakteru stanoviště v okolí nádrže Vír I, aktuální stav a predikce k roku 2050.

Míra rizika	Podíl rozlohy 2020, %	Podíl rozlohy 2050, %
0,1–0,2 nízké riziko	39	12
0,3–0,4 mírně zvýšené	59	20
0,5–0,6 střední	2	46
0,7–0,8 vysoké	0	20
0,9 velmi vysoké	0	1
> 0,5 vyšší riziko	0	67



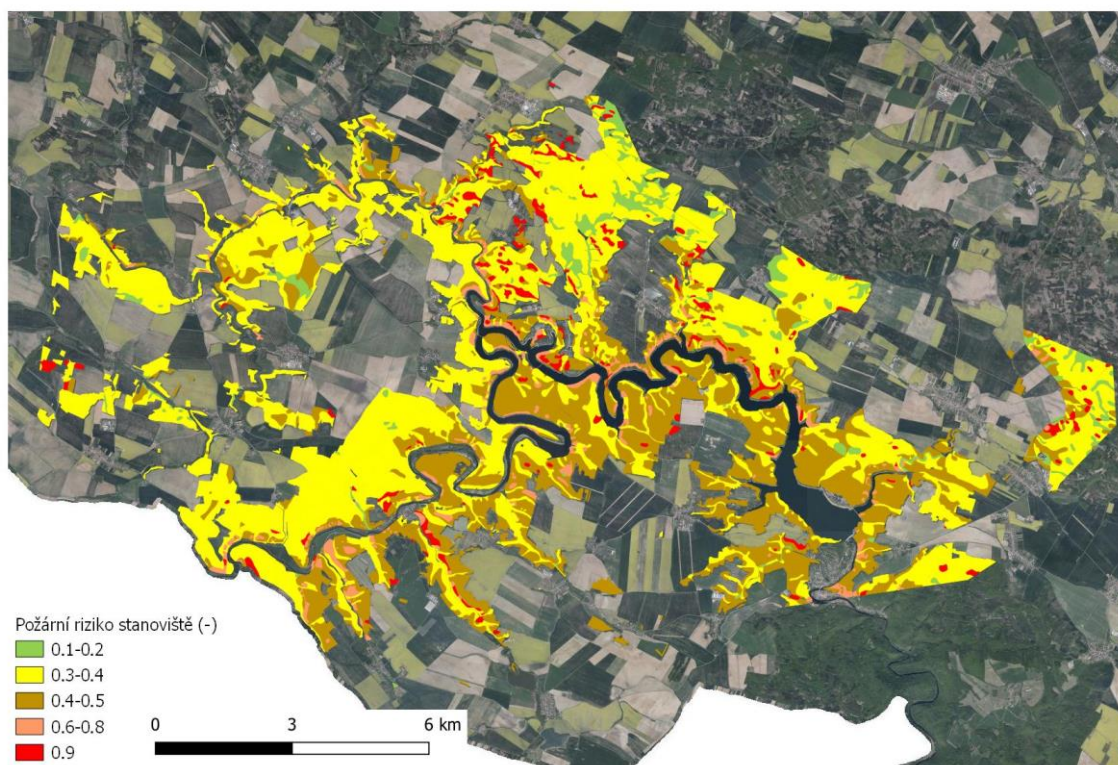
Obr. 49. Aktuální míra rizika vyplývající z charakteru stanoviště pro zájmové území v okolí VN Vír.

5.2.5 VN Vranov

VN Vranov spadá svým povodím v České republice do PLO 33. Ve srovnání s ostatními nádržemi jsou lesní stanoviště v okolí celkem rovnoměrně rozložena v nižších nadmořských výškách (LVS 2–4) a více zastoupena jsou bohatší stanoviště. V podstatě chybí stanoviště oglejená (podmáčená), což zvyšuje míru rizika ve srovnání s PLO 10. Vyšší míra rizika je aktuálně na 38 % rozlohy území, při naplnění predikce vývoje klimatu je vyšší mírou rizika ohroženo až 98 % rozlohy území (Tab. 6, Obr. 50).

Tab. 6. Míra rizika vyplývající z charakteru stanoviště v okolí nádrže Vranov, aktuální stav a predikce k roku 2050.

Míra rizika	Podíl rozlohy 2020, %	Podíl rozlohy 2050, %
0,1–0,2 nízké riziko	4	1
0,3–0,4 mírně zvýšené	57	1
0,5–0,6 střední	31	44
0,7–0,8 vysoké	4	45
0,9 velmi vysoké	3	9
> 0,5 vyšší riziko	38	98



Obr. 50. Aktuální míra rizika vyplývající z charakteru stanoviště pro zájmové území v okolí VN Vranov.

5.3 Aktuální porostní charakteristiky

5.3.1 Základní popis

Charakter vegetace výrazně ovlivňuje riziko vzniku a šíření požárů v krajině. U lesních porostů má vliv druhová skladba a charakter přízemní vegetace, růstové stadium (věk) a zápoj, zdravotní stav porostu (podíl souší), množství odumřelé organické hmoty a prostorové uspořádání lesa (horizontální a vertikální struktura).

Informace o některých porostních charakteristikách lze dohledat v údajích Lesních hospodářských plánů (LHP). Ty obsahují informace o druhové skladbě porostů, věkové struktuře a zakmenění (které má vazbu na zápoj). Nevýhodou tohoto zdroje, stejně jako zdrojů statistických pozemních inventarizačních šetření (např. Národní inventarizace lesa – www.uhul.cz, nebo projekt krajinné inventarizace CzechTerra – www.czechterra.cz) však je časová náročnost a především neaktuálnost těchto údajů – např. průměrné „stáří“ dat LHP při jejich desetiletém cyklu je pět let. Tato nevýhoda se projevuje především v případech dynamických změn, jaké představuje současná dramatická situace v lesích ČR s velkoplošným odumíráním porostů vlivem sucha a kůrovcové kalamity. Z těchto důvodů je stále významnější nasazení nástrojů DPZ k aktuálnímu monitoringu porostních údajů a stavu lesa, které výše uvedené nevýhody pozemního šetření stavu lesní vegetace efektivně řeší. Detailní popis obsahuje práce Trnky et al. (2020).

Při vyčíslení agregovaného požárního rizika se zohledňují následující parametry:

- stanoviště dle souboru lesních typů (SLT)
- lesní vegetace (dřevinná skladba, věk/růstová fáze porostu, zápoj/zakmenění)
- plošný podíl souší

Výsledkem je celkový index rizika (Fire Risk Index) – $R_{Tot} = (R_{ST} + (R_D + R_V + R_Z)/3 + R_S)/3$

- nízké riziko (do 0,40)
- střední riziko (0,41–0,60)
- vysoké riziko (nad 0,60)

5.3.2 Praktická aplikace

S pomocí dat DPZ a typologické mapy byly připraveny mapy, které v rastru 5 x 5 m pro lesní porosty na základě čtyřmístného kódu a údajů o výskytu souší definují index požárního rizika. Klasifikaci typů porostu pomocí čtyřmístného kódu blíže vysvětluje Tab. 7. Za rizikové jsou považovány lesní porosty se středním a vysokým stupněm požárního rizika (Fire Risk Index > 0,4).

Mezi rizikové patří všechny plochy lesních porostů

- s podílem souší větším než 20 %
- s nejvyšším stanovištním rizikem rovným 0,9 – jedná se o SLT 0X, 0C, 1X, 1C, 2X, 2C, 3C (převážně výrazné sucho, záhřevné svahy, hřbety, vysychavé substráty, ztížené hašení z hlediska morfologie terénu)

Dalšími výraznými rizikovými faktory jsou:

- holiny (především na sušších stanovištích)
- nárost po stadiu holin (především na sušších stanovištích)
- borovicové porosty na sušších stanovištích – kromě zapojených středněvěkových a dospělých
- řídké jehličnaté porosty na sušších stanovištích

Mapy zobrazující index požárního rizika byly zpracovány nejen pro aktuální stav klimatu, ale i pro jeho pravděpodobný posun k roku 2050 (Obr. 52, Obr. 54, Obr. 56). Posun klimatu zohledňující změnu teplotních a částečně i srážkových poměrů ovlivňuje stanovištní riziko, které je odvozeno na bázi lesnické typologie. Pravděpodobný posun klimatu byl zohledněn pouze odpovídající reklasifikací Faktoru stanoviště R_{ST} , v jehož důsledku došlo v některých situacích k přesunu z vlhčího (B) do suššího stanoviště (A). Ostatní tři položky čtyřmístného kódu typu porostu zůstaly zachovány.

Tab. 7. Klasifikace porostů dle čtyřmístného kódu.

Znak čtyřmístného kódu, zdroj dat	Hodnota	Význam
1. znak (dřevinná skladba), DPZ	0	Neurčeno
	1	Bory
	2	Jehličnaté
	3	Listnaté
2. znak (vlhkostní poměry), typologie	a	Sušší (stanoviště klasifikovaná do 0,5)
	b	Vlhčí (stanoviště klasifikovaná nad 0,51)
3. znak (výšková/věková kategorie), DPZ	0	Holina
	1	Nárost
	3	Mladé porosty
	6	Středněvěké porosty
	9	Dospělé porosty
4. znak (zápoj, DPZ)	4	Řídké porosty
	7	Rozvolněné porosty
	9	Zapojené porosty

Ze čtyřmístného kódu jsou odvozeny i palivové typy (vstupní vrstva modelu FlamMap) odpovídající konkrétní porostní situaci a klimatickým podmínkám. Přehled významně zastoupených palivových typů v zájmovém území je uveden v Tab. 8.

- Hodnocení probíhá v rastru 5 x 5 m pomocí čtyřmístného kódu (Tab. 7).
- Čtyřmístný kód obsahuje informaci o porostní situaci ve formátu „DSVZ“, kde D = dřevina, S = stanoviště, V = výška, věk, Z = zápoj – viz Tab. 7.
- Přiřazení palivového typu k porostní situaci popsané čtyřmístným kódem je připraveno na základě expertního názoru.

Tab. 8. Přehled často zastoupených palivových typů a jejich charakteristiky vzhledem k modelování šíření požáru.

Palivový model	Název palivového modelu	Popis typu	Odpovídající porostní situace	Typ palivového modelu	Výška vrstvy paliva (m)	Zásoba jemného paliva (t/ha)
GS2	Moderate Load, Dry Climate Grass–Shrub	sušší, holina, nárost/mlazina, řídké,	0a04 0a14 1a14 2a14 3a14	dynamic	0,5	5,2
GS3	Moderate Load, Humid Climate Grass–Shrub	vlhčí, holina, řídké	0b04	dynamic	0,5	7,4
GS4	High Load, Humid Climate Grass–Shrub	vlhčí, nárost/mlazina, řídké	0b14 1b14 2b14 3b14	dynamic	0,6	30,6
SH2	Moderate Load Dry Climate Shrub	sušší, nárost/mlazina, rozvolněné	0a17 3a17	N/A	0,3	12,8
SH4	Low Load, Humid Climate, Timber–Shrub	vlhčí, nárost/mlazina, rozvolněné	0b17 1b17 2b17 3b17	N/A	0,9	8,4
SH5	High Load, Dry Climate Shrub	sušší, nárost/mlazina, rozvolněné	1a17 2a17	N/A	1,8	16,1
SH7	Very high Load, Dry Climate Shrub	sušší, nárost/mlazina, zapojené	0a19 1a19 2a19 3a19	N/A	1,8	17,1
SH9	Very High Load, Humid Climate Shrub	vlhčí, nárost/mlazina, zapojené	0b19 1b19 2b19 3b19	dynamic	1,3	32,2
TU1	Low Load Dry Climate Timber–Grass–Shrub	sušší, dospělé, řídké	0a94 1a94 2a94 3a94	dynamic	0,2	3,2
TU2	Moderate Load, Humid Climate Timber–Shrub	jehličnaté, vlhčí, dospělé, řídké	1b94 2b94	N/A	0,3	2,8
TU3	Moderate Load, Humid Climate Timber–Grass–Shrub	vlhčí, mladé, středněvěké, řídké	0b34 0b64 0b94 1b34 1b64 2b34 2b64,3b34 3b64 3b94	dynamic	0,4	7,0
TU5	Very High Load, Dry Climate Timber–Shrub	sušší, mladé, středněvěké, řídké	2a69 0a34 0a64 1a34 1a64 2a34 2a64 3a34 3a34 3a64	N/A	0,3	17,3
TL2	Low Load Broadleaf Litter	listnaté, sušší i vlhčí, mladé i dospělé, zapojené i rozvolněné	0a39 0b39 0a97 3a39 3b39 3a97 3a97 3b37 3a37 3b67	N/A	0,1	3,5
TL3	Moderate Load Conifer Litter	jehličnaté, sušší i vlhčí, mladé, dospělé, rozvolněné, zapojené	0b37 0a69 2a39 2b37 2a37 2b39 2b69 2b67	N/A	0,1	1,2

Palivový model	Název palivového modelu	Popis typu	Odpovídající porostní situace	Typ palivového modelu	Výška vrstvy paliva (m)	Zásoba jemného paliva (t/ha)
			2b97 2a67 3b37			
TL4	Small Downed Logs	jehličnaté, sušší, středněvěké, zapojené	2a69	N/A	0,1	1,2
TL5	High Load Conifer Litter	jehličnaté, sušší, středněvěké, dospělé, rozvolněné	0a67 2a97 2a99 2b99	N/A	0,2	2,8
TL6	Moderate Load Broadleaf Litter	listnaté, sušší i vlhčí, středněvěké, zapojené, rozvolněné	0a99 0b67 0b97 0b99 3a67 3a69 3a99 3b67 3b69 3b97 3b99	N/A	0,1	5,9
TL8	Long–Needle Litter	bory, sušší, mladé, středněvěké, dospělé, rozvolněné, zapojené	0a37 1a37 1a39 1a67 1a69 1a97 1a99 1b37 1b39 1b67 1b69 1b97 1b99	N/A	0,1	14,3
TL9	Very High Load Broadleaf Litter	neurčeno, vlhčí, středněvěké, zapojené	0b69	N/A	0,2	16,4
SB2	Moderate Load Activity Fuel or Low Load Blowdown	vyskytuje se u odumřelého ležícího i stojícího dřeva	1a 1b 2a 2b se soušemi	N/A	0,3	11,1

5.3.2.1 VN Švihov

V níže uvedených tabulkách (Tab. 9, Tab. 10, Obr. 51, Obr. 52) jsou uvedeny základní porostní charakteristiky lesních ekosystémů v okolí VN Švihov. V okolí nádrže je poměrně vysoké zastoupení borů (15 %), holin (15 %) a souší (3 %). Střední a vysoké požární riziko bylo zaznamenáno na 30 % rozlohy. Při zohlednění predikce vývoje klimatu dojde k významu zvýšení podílu sušších stanovišť, z 13 % na 82 %) a ke zdvojnásobení rozlohy porostů se středním a vysokým požárním rizikem (z 30 % na 62 %).

S výše uvedenými porostními a stanovištními charakteristikami korespondují i odvozené palivové typy.

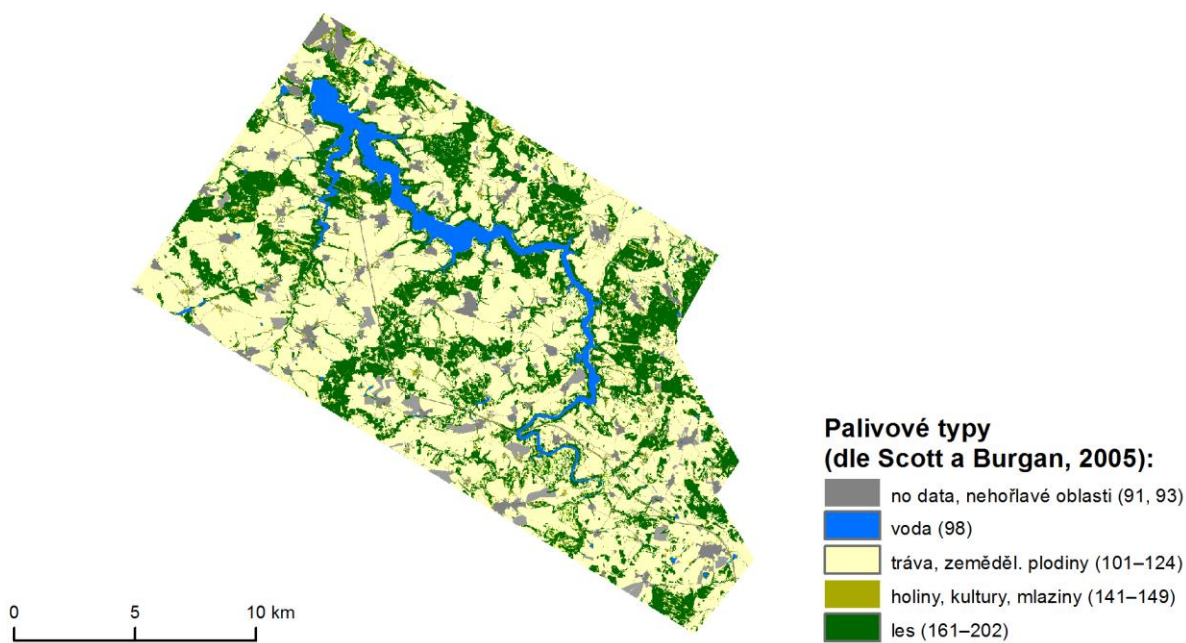
Tab. 9. Relativní podíl charakteristik porostů podle čtyřmístného kódu, VN Švihov, současný stav a predikce k roku 2050.

Znak čtyřmístného kódu, zdroj dat	Hodnota	Význam	Podíl na rozloze 2020, %	Podíl na rozloze 2050, %
1. znak (dřevinná skladba), DPZ	0	Neurčeno	22	
	1	Bory	15	
	2	Jehličnaté	45	
	3	Listnaté	18	
2. znak (vlhkostní poměry), typologie	a	Sušší (stanoviště klasifikovaná do 0,5)	13	82
	b	Vlhčí (stanoviště klasifikovaná nad 0,51)	87	18
	0	Holina	15	

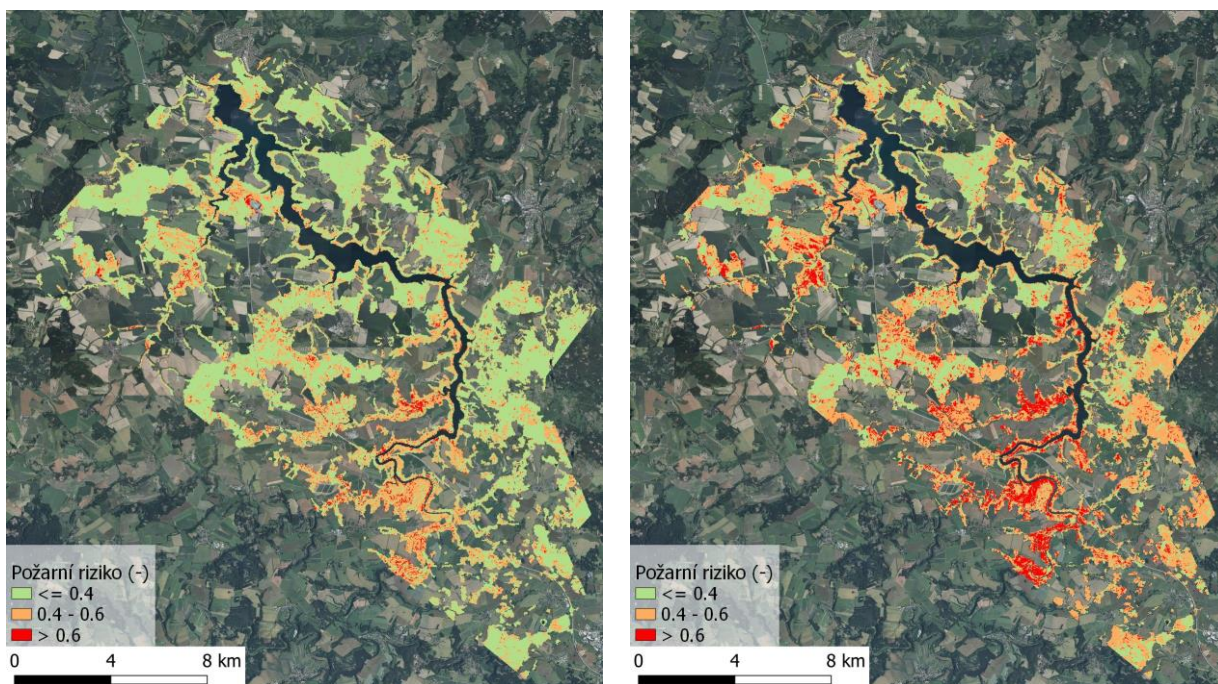
Znak čtyřmístného kódu, zdroj dat	Hodnota	Význam	Podíl na rozloze 2020, %	Podíl na rozloze 2050, %
3. znak (výšková/věšková kategorie), DPZ	1	Nárost	13	
	3	Mladé porosty	7	
	6	Středněvěké porosty	29	
	9	Dospělé porosty	35	
4. znak (zápoj, DPZ)	4	Řídké porosty	23	
	7	Rozvolněné porosty	14	
	9	Zapojené porosty	63	
Podíl souší na rozloze			3	
Požární riziko	Nízké	≤ 0,39	70	38
	Střední	≥ 0,4–0,59	27	51
	Vysoké	≥ 0,6–1,0	3	11

Tab. 10. Relativní zastoupení palivových typů na VN Švihov v porovnání aktuálního stavu a predikce k roku 2050.

Palivový typ	Popis	Podíl na rozloze 2020, %	Podíl na rozloze 2050, %
Palivový typ traviny a keře	vše	21	22
GS 2	sušší, holina, nárost/mlazina, řídké	3	19
GS 3	vlhčí, holina, řídké	13	2
GS 4	vlhčí, nárost/mlazina, řídké	5	1
Palivový typ keře	Vše	6	7
SH 4	vlhčí, nárost/mlazina, rozvolněné	5	1
SH 9	vlhčí, nárost/mlazina, zapojené	1	
SH 5	sušší, nárost/mlazina, rozvolněné		5
SH 7	sušší, nárost/mlazina, zapojené		1
Palivový typ les s odumřelým dřevem	Vše	67	67
TL 2	listnaté, sušší i vlhčí, mladé i dospělé, zapojené i rozvolněné	3	3
TL 3	jehličnaté, sušší i vlhčí, mladé, dospělé, rozvolněné, zapojené	18	8
TL 4	jehličnaté, sušší, středněvěké, zapojené	1	10
TL 5	jehličnaté, sušší, středněvěké, dospělé, rozvolněné	19	20
TL 6	listnaté, sušší i vlhčí, středněvěké, zapojené, rozvolněné	13	13
TL 8	bory, sušší, mladé, středněvěké, dospělé, rozvolněné, zapojené	13	13
Palivový typ les s podrostem keřů a trav	vše	1	1
TU 3	vlhčí, mladé, středněvěké, řídké	1	
TU 5	sušší, mladé, středněvěké, řídké		1
Palivový typ souše	Vše	3	3
SB 2	vyskytuje se u odumřelého ležícího i stojícího dřeva	3	3



Obr. 51. Palivové typy v okolí vodní nádrže Švihov v roce 2020.



Obr. 52. Požární riziko lesních porostů v okolí VN Švihov, aktuální stav (vlevo), predikce k roku 2050 (vpravo).

5.3.2.2 VN Vír

V níže uvedených Tab. 11 a Tab. 12 jsou uvedeny základní porostní charakteristiky lesních ekosystémů v okolí VN Vír I. V okolí nádrže je nízké zastoupení borů (2 %) a v době analýzy dat DPZ i relativně málo holin (8 %) a souší (3 %). V okolí Víru převládají vlhčí stanoviště, takže střední a vysoké požární riziko bylo zaznamenáno pouze na 13 % rozlohy. Při zohlednění predikce vývoje klimatu do stavu stanovišť dojde k dramatickému zvýšení podílu rozlohy sušších stanovišť (z 1 % na 68 %) a ke zvýšení podílu porostů se středním a vysokým požárním rizikem z 13 % na 32 % rozlohy (Obr. 53, Obr. 54).

S výše uvedenými porostními charakteristikami korespondují i odvozené palivové typy.

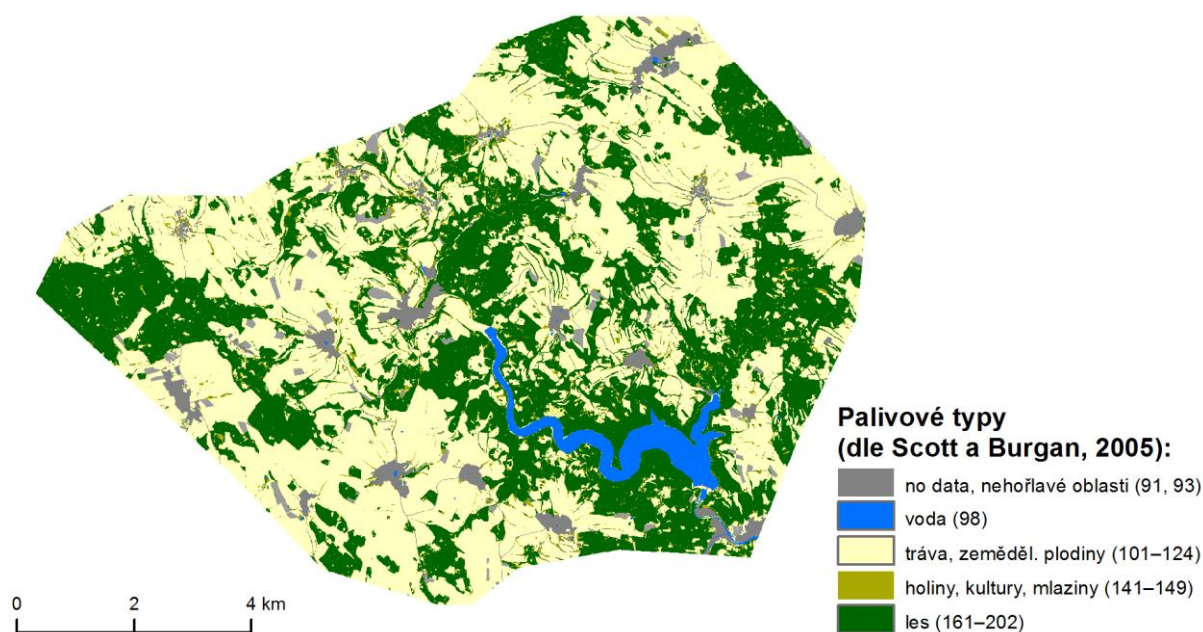
Tab. 11. Relativní podíl charakteristik porostů podle čtyřmístného kódu, VN Vír I, současný stav a predikce k roku 2050.

Znak čtyřmístného kódu, zdroj dat	Hodnota	Význam	Podíl na rozloze 2020, %	Podíl na rozloze 2050, %
1. znak (dřevinná skladba), DPZ	0	Neurčeno	12	
	1	Bory	2	
	2	Jehličnaté	64	
	3	Listnaté	22	
2. znak (vlhkostní poměry), typologie	A	Sušší (stanoviště klasifikovaná do 0,5)	1	68
	B	Vlhčí (stanoviště klasifikovaná nad 0,51)	99	32
3. znak (výšková/věšková kategorie), DPZ	0	Holina	8	
	1	Nárost	9	
	3	Mladé porosty	6	
	6	Středněvěké porosty	25	
	9	Dospělé porosty	52	
4. znak (zápoj, DPZ)	4	Řídké porosty	12	
	7	Rozvolněné porosty	11	
	9	Zapojené porosty	77	
Podíl souší na rozloze			3	
Požární riziko	Nízké	≤ 0,39	87	68
	Střední	≥ 0,4–0,59	12	27
	Vysoké	≥ 0,6–1,0	1	5

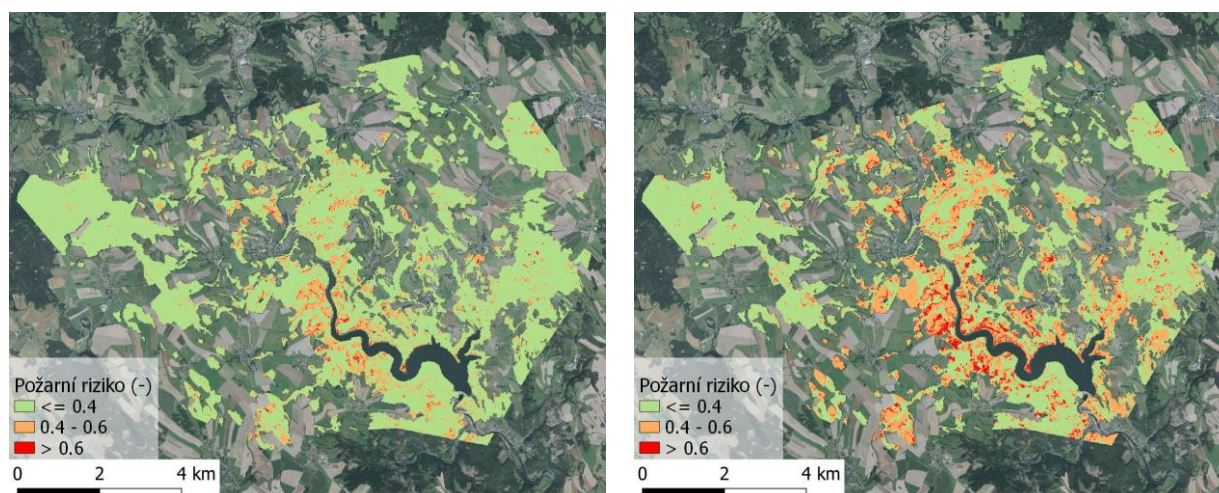
Tab. 12. Relativní zastoupení palivových typů na VN Vír I porovnání současného stavu a predikce změn k roku 2050.

Palivový typ	Popis	Podíl na rozloze, 2020, %	Podíl na rozloze, 2050 %
Palivový typ traviny a keře	Vše	12	11
GS 2	sušší, holina, nárost/mlazina, řídké	0	8
GS 3	vlhčí, holina, řídké	8	2
GS 4	vlhčí, nárost/mlazina, řídké	4	1
Palivový typ keře	Vše	5	5
SH 4	vlhčí, nárost/mlazina, rozvolněné	4	1
SH 9	vlhčí, nárost/mlazina, zapojené	1	
SH 5	sušší, nárost/mlazina, rozvolněné		3
SH 7	sušší, nárost/mlazina, zapojené		1
Palivový typ les s odumřelým dřevem	Vše	81	79
TL 2	listnaté, sušší i vlhčí, mladé i dospělé, zapojené i rozvolněné	4	3
TL 3	jehličnaté, sušší i vlhčí, mladé, dospělé, rozvolněné, zapojené	19	9
TL 4	jehličnaté, sušší, středněvěké, zapojené	0	8
TL 5	jehličnaté, sušší, středněvěké, dospělé, rozvolněné	39	40
TL 6	listnaté, sušší i vlhčí, středněvěké, zapojené, rozvolněné	17	17

Palivový typ	Popis	Podíl na rozloze, 2020, %	Podíl na rozloze, 2050 %
TL 8	bory, sušší, mladé, středněvěké, dospělé, rozvolněné, zapojené	2	2
Palivový typ les s podrostem keřů a trav	vše	0	
TU 3	vlhčí, mladé, středněvěké, řídké	0	
TU 5	sušší, mladé, středněvěké, řídké		0
Palivový typ souše	Vše	3	3
SB 2	vyskytuje se u odumřelého ležícího i stojícího dřeva	3	3



Obr. 53. Palivové typy v okolí vodní nádrže Víř v roce 2020.



Obr. 54. Obr. 1 Požární riziko lesních porostů v okolí VN Víř, aktuální stav (vlevo), predikce k roku 2050 (vpravo).

5.3.2.3 VN Vranov

V níže uvedených Tab. 13 a Tab. 14 jsou uvedeny základní porostní charakteristiky lesních ekosystémů v okolí VN Vranov. V okolí nádrže je vyšší zastoupení borů (12 %) a relativně málo holin (7 %) a souší (2 %). Převládají sušší stanoviště a listnaté porosty. Střední a vysoké požární riziko bylo zaznamenáno na 22 % rozlohy. Při zohlednění predikce vývoje klimatu do roku 2050, která se promítne do stavu stanovišť, dojde ke zvýšení rozlohy sušších stanovišť z 39 % na 88 % a zvýšení podílu rozlohy porostů se středním a vysokým požárním rizikem z 22 % na 45 % (Obr. 55, Obr. 56).

S výše uvedenými porostními charakteristikami korespondují i odvozené palivové typy.

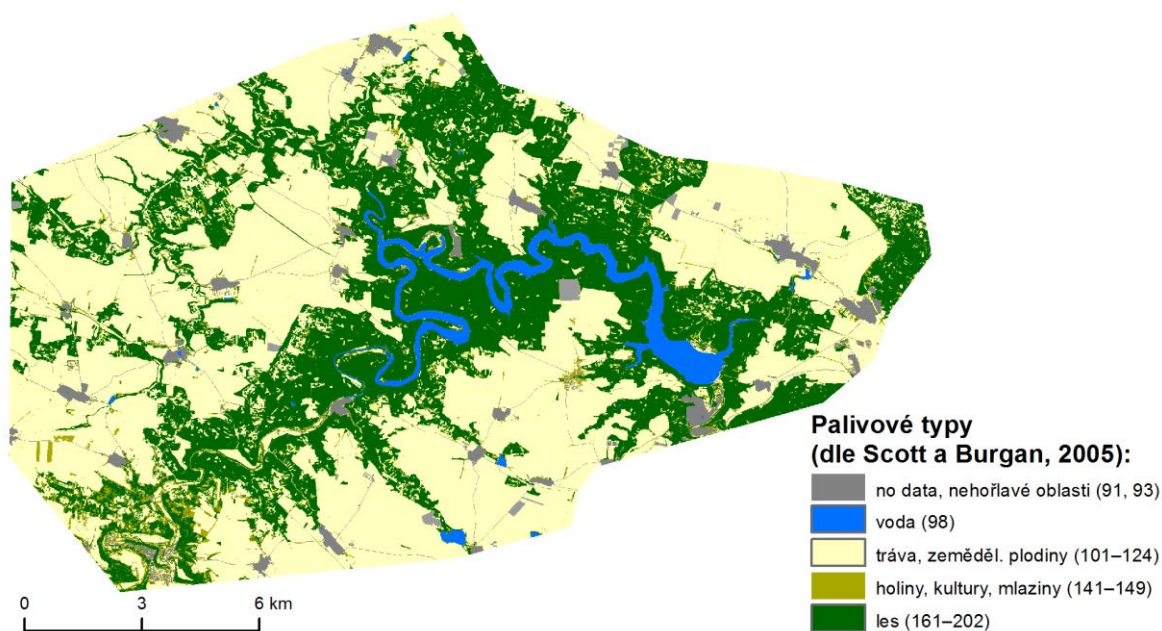
Tab. 13. Relativní podíl charakteristik porostů podle čtyřmístného kódu, VN Vranov, současný stav a predikce k roku 2050.

Znak čtyřmístného kódu, zdroj dat	Hodnota	Význam	Podíl na rozloze 2020, %	Podíl na rozloze 2050, %
1. znak (dřevinná skladba), DPZ	0	Neurčeno	9	
	1	Bory	12	
	2	Jehličnaté	24	
	3	Listnaté	55	
2. znak (vlhkostní poměry), typologie	a	Sušší (stanoviště klasifikovaná do 0,5)	39	88
	b	Vlhčí (stanoviště klasifikovaná nad 0,51)	61	12
3. znak (výšková/věková kategorie), DPZ	0	Holina	7	
	1	Nárost	10	
	3	Mladé porosty	7	
	6	Středněvěké porosty	44	
	9	Dospělé porosty	32	
4. znak (zápoj, DPZ)	4	Řídké porosty	13	
	7	Rozvolněné porosty	11	
	9	Zapojené porosty	76	
Podíl souší na rozloze			2	
Požární riziko	Nízké	≤ 0,39	78	56
	Střední	≥ 0,4–0,59	20	39
	Vysoké	≥ 0,6 – 1,0	2	6

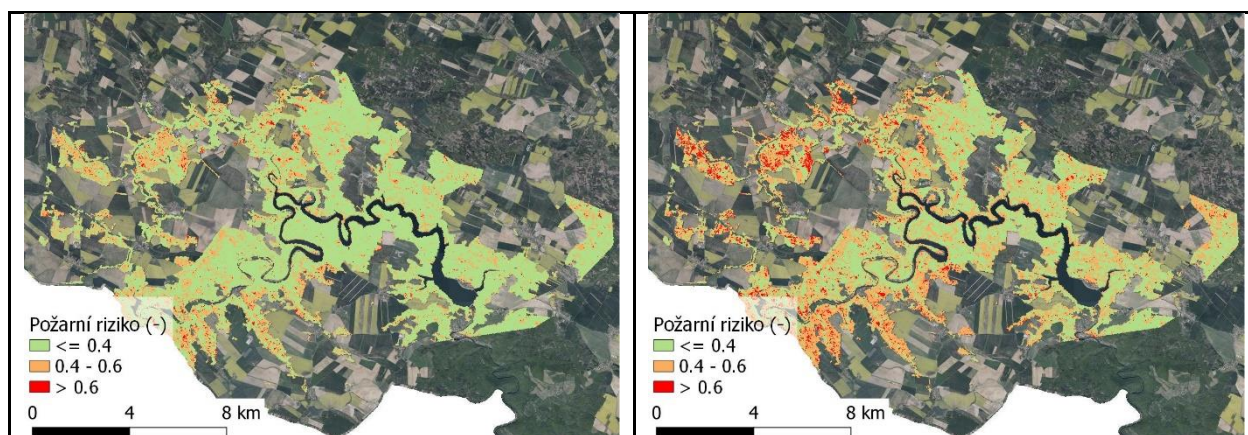
Tab. 14. Relativní zastoupení palivových typů na VN Vranov, současný stav a predikce k roku 2050.

Palivový typ	Popis	Podíl na rozloze 2020, %	Podíl na rozloze 2050, %
Palivový typ – trávy a keře	Vše	12	12
GS 2	sušší, holina, nárost/mlazina, řídké	3	9
GS 3	vlhčí, holina, řídké	5	2
GS 4	vlhčí, nárost/mlazina, řídké	4	1
Palivový typ – keře	Vše	5	5
SH 2	sušší, nárost/mlazina, rozvolněné	2	3
SH 4	vlhčí, nárost/mlazina, rozvolněné	2	1
SH 7	sušší, nárost/mlazina, zapojené	1	1
Palivový typ – les s odumřelým dřevem	Vše	80	80
TL 2	listnaté, sušší i vlhčí, mladé i dospělé, zapojené i rozvolněné	5	6
TL 3	jehličnaté, sušší i vlhčí, mladé, dospělé, rozvolněné, zapojené	10	4

Palivový typ	Popis	Podíl na rozloze 2020, %	Podíl na rozloze 2050, %
TL 4	jehličnaté, sušší, středněvěké, zapojené	2	7
TL 5	jehličnaté, sušší, středněvěké, dospělé, rozvolněné	7	7
TL 6	listnaté, sušší i vlhčí, středněvěké, zapojené, rozvolněné	45	45
TL 8	bory, sušší, mladé, středněvěké, dospělé, rozvolněné, zapojené	11	11
Palivový typ – les s podrostem keřů a trav	vše	1	1
TU 3	vlhčí, mladé, středněvěké, řídké	1	
TU 5	sušší, mladé, středněvěké, řídké		1
Palivový typ souše	Vše	2	2
SB 2	vyskytuje se u odumřelého ležícího i stojícího dřeva	2	2



Obr. 55. Palivové typy v okolí přehrady Vranov v roce 2020.



Obr. 56. Požární riziko lesních porostů v okolí VN Vranov, aktuální stav (vlevo), predikce k roku 2050 (vpravo).

5.4 Další rizikové faktory (osídlenost, komunikační a infrastrukturní trasy apod.)

5.4.1 Základní popis

Požární management se odvíjí od znalosti okolností vzniku požáru jak z hlediska příčiny, tak i místa. Režimy a faktory ovlivňující zapálení ohně byly studovány v posledních desetiletích. Podle publikovaných výsledků lidská činnost (antropogenní faktory) má hlavní vliv na vznik požárů a požární režimy (Ganteaume et al., 2012; Ye et al., 2017; Zhang et al., 2016). Za další příčinu požáru jsou považovány blesky. Některé studie připisují bleskům až 40 % zaznamenaných zapálení ohně (Anderson, 2002; Read et al., 2018). Na základě antropogenních faktorů a informací o výskytu blesku je možné hodnotit požární nebezpečí různých částí území a identifikovat zóny primární ochrany (Obr. 57).

Antropogenní rizikové faktory zahrnují dopravní infrastrukturu, komunikační trasy, energetická zařízení, osídlení, zemědělské pozemky, rekreační plochy a lidské aktivity v přírodě.

Informace o výskytu blesků může být získána ze dvou databází. První je síť CELDN, která je součástí celoevropské sítě EUCLID (European Cooperation for Lightning Detection). Senzory sítě CELDN (LS7000) pracují na principu MDF (Magnetic Direction Finding) a TOA (Time Of Arrival) metody s frekvenčním rozsahem v LF 1–350 KHz, vzdálenost mezi senzory je 15–350 km, čas je synchronizován přes GPS přijímač s přesností na 100 nm. Senzor slouží především k detekci CG (cloud to ground) blesků, kde by měl mít minimálně 90 % účinnost a přesnost lokace okolo 500 m. Druhou databází je síť LINET (Lightning Location Network). K detekci blesků se používají alespoň 4 senzory vzájemně vzdálené cca 200–250 km. Výsledkem je velmi vysoká přesnost lokace blesku. Pro CG blesky je přesnost \approx 150 m, čehož je dosaženo kombinací MDF a TOA metody. Účinnost detekce systému LINET se nedá přesně určit, obecně se pro použité metody DF a TOA udává přesnost 60–90 %. Systém LINET má také daleko vyšší citlivost pro blesky s proudovou amplitudou nižší než \approx 10 kA.



Obr. 57. Základní faktory pro hodnocení rizika vzniku požáru.

Riziko nebezpečí požárů může být prezentováno jako bodové pole v prostředí GIS, kde hodnota každého bodu je vypočítána na základě váhy jednotlivých faktorů a vzdálenosti k těmto faktorům. Váhy jednotlivých faktorů [0..1] jsou stanoveny expertně nebo jsou převzaty z literárních zdrojů, zákona o pozemních komunikacích a energetického zákona. Data o výskytu blesků mohou být klasifikována na několik tříd podle frekvence blesků, kde třídě s maximální frekvencí blesků je přiřazena nejvyšší váha, třídě se zanedbatelnou frekvencí blesků váha nejnižší.

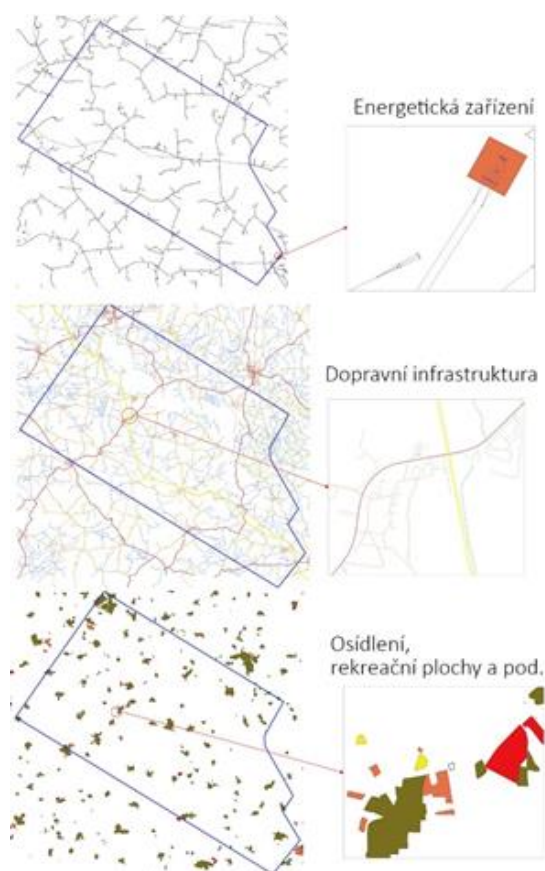
5.4.2 Praktická aplikace

Praktická aplikace hodnocení rizika vzniku požáru na základě dalších rizikových faktorů je popsána pro VN Švihov. Antropogenní rizikové faktory tvořily objekty uvedené v Tab. 15. Pro každý typ objektu byla stažena vektorová data (bodová, lineární nebo plošná) z databáze OpenStreetMap (<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Shapefiles>) (příklady viz Obr. 58). Data o výskytu blesků byla získána ze dvou databází CELDN a LINET v podobě rastru (Obr. 60). Jedná se o pravděpodobnost blesků do země vyjádřenou dle hustoty výbojů na km² za období 2000–2019 pro celou ČR. Vrstva blesků byla klasifikována na 4 třídy a každé třídě byla přiřazena váha (Tab. 16).

Tab. 15. Antropogenní rizikové faktory z databáze shapefilů OpenStreetMap, vzdáleností (*dist_1, dist_2*) a váhy (*score_1, score_2*).

N	Objekt	Popis	Dist_1 [m]	Score_1	Dist_2 [m]	Score_2
1	pw trans	Napájecí transformátor. Statické zařízení, které převádí dané napětí na jiné napětí.	20	0,3	50	0,15
2	pw terminal	Napájecí terminál. Bod připojení, kde nadzemní elektrické vedení končí na budově nebo stěně, například při připojení k vnitřní rozvodně.	50	0,4	100	0,2
3	pw mast	Elektrický stožár.	20	0,2	50	0,1
4	pw substation	Elektrická rozvodna. Zařízení, které řídí tok elektřiny v elektrické síti s transformátory, spínacími zařízeními nebo kompenzátory.	50	0,35	100	0,15
5	pw plant	Elektrárna. Průmyslové zařízení, kde se elektrická energie (elektřina, užitkové teplo, bioplyn) vyrábí v jednotlivých generátorových jednotkách.	50	0,35	100	0,15
6	pw switch	Spínací zařízení. Rozváděč, který obsahuje jednu nebo více sestav přípojnic a několik polí, z nichž každá spojuje obvod se sestavou přípojnic.	50	0,4	100	0,2
7	powerline	Elektrické vedení. Vedení vysokého napětí používané pro přenos energie, obvykle podporované věžemi nebo stožáry.	20	0,3	50	0,15
8	busstop	Autobusová zastávka.	20	0,1	–	–
9	r resident	Silnice v obytných oblastech. Vedlejší silnice.	15	0,25	30	0,125
10	r track	Silnice pro zemědělské účely, v lesích atd. Velmi malé silnice.	15	0,25	30	0,125
11	r tertiary	Silnice 3. třídy, typicky místní. Hlavní silnice.	50	0,25	100	0,125
12	r service	Obslužné komunikace k přístupu k budově, parkoviště atd. Velmi malé komunikace.	15	0,25	30	0,125
13	r footway	Pěšiny. Cesty nevhodné pro auta.	5	0,2	–	–

N	Objekt	Popis	Dist_1 [m]	Score_1	Dist_2 [m]	Score_2
14	r motorway	Silnice, které se připojují z jedné silnice na druhou stejné a nižší kategorie. Dálniční spojení.	100	0,5	200	0,25
15	r path	Nespecifikované cesty. Nevhodné pro auta.	15	0,25	30	0,125
16	r uncls	Neklasifikované silnice. Menší místní komunikace.	15	0,25	30	0,125
17	r secondary	Sekundární silnice, typicky regionální. Hlavní silnice.	60	0,25	120	0,125
18	bridge	Most.	20	0,1	-	-
19	residential	Obytná oblast.	50	0,7	100	0,35
20	recreation	Otevřený zelený prostor pro všeobecnou rekreaci.	50	0,6	100	0,3
21	industry	Průmyslová oblast.	100	0,6	200	0,3
22	farm	Zemědělská půda. Plocha zemědělské půdy využívaná hlavně pro orbu (jednoleté plodiny).				0,1



Obr. 58. Antropogenní rizikové faktory z databáze OpenStreetMap pro VN Švihov.

Tab. 16. Třídy vrstvy výskytu blesků a jejich váhy (score).

N	Třída	Frekvence blesku	Score
1	Nízká	<50 000	0,1
2	Střední	50 001 .. 100 000	0,2
3	Vysoká	100 001 .. 200 000	0,4
4	Extrémně vysoká	>200 001	0,7

Hodnota konkrétního bodu připravené vrstvy „Riziko nebezpečí požárů“ odpovídá součtu všech skóre jednotlivých faktorů v tomto bodu. Pro ověření vrstvy „Riziko nebezpečí požárů“ byly použity informace z databáze skutečných požárů HZS ČR 2017 až 2021, kde většina požárů vznikla v místech s hodnotou rizika významně vyšší oproti hodnotám běžným v zájmovém území (Obr. 60).



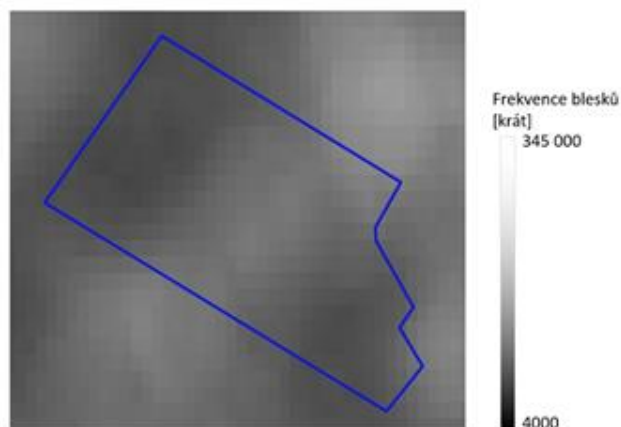
Obr. 59. Souvislost mezi odhadovaným rizikem vzniku požáru a lokalizací reálných požárů z let 2017–2021.

Vlevo nahoře je prezentován výřez území z okolí VN Švihov, v něm odhadované riziko vzniku požáru, prvky infrastruktury, o nichž je odvozováno, a hvězdičky v místech reálných zásahů HZS.

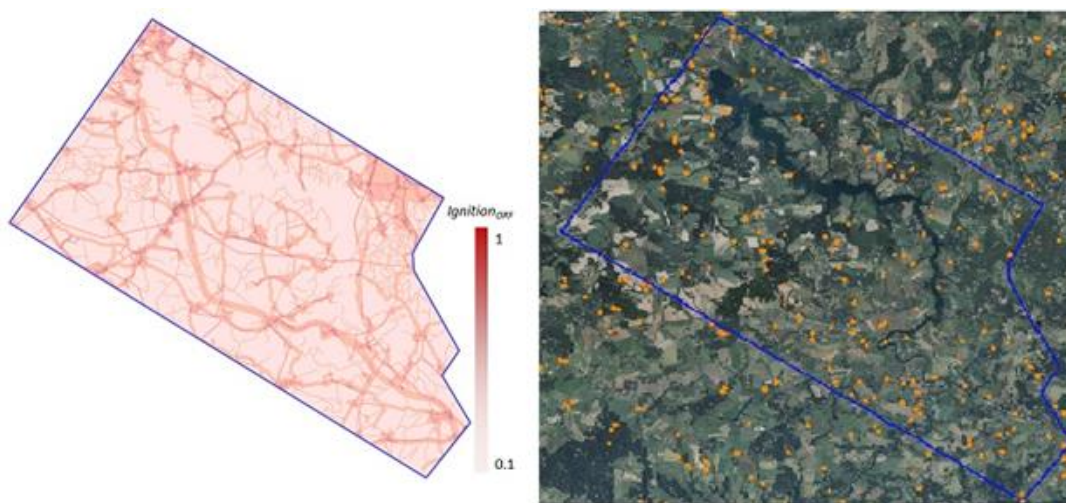
Vlevo dole je boxplot hodnot odhadovaného rizika v bodech, kde reálně zahořelo.

Vidíme, že je posazen u všech nádrží okolo hodnoty 1, významně výše než jsou nejčastěji zastoupené hodnoty v rámci celé plochy povodí (do 0,5), jak je ukazují histogramy v pravém panelu.

5.4.2.1 VN Švihov



Obr. 60. Frekvence blesků pro okolí VN Švihov.

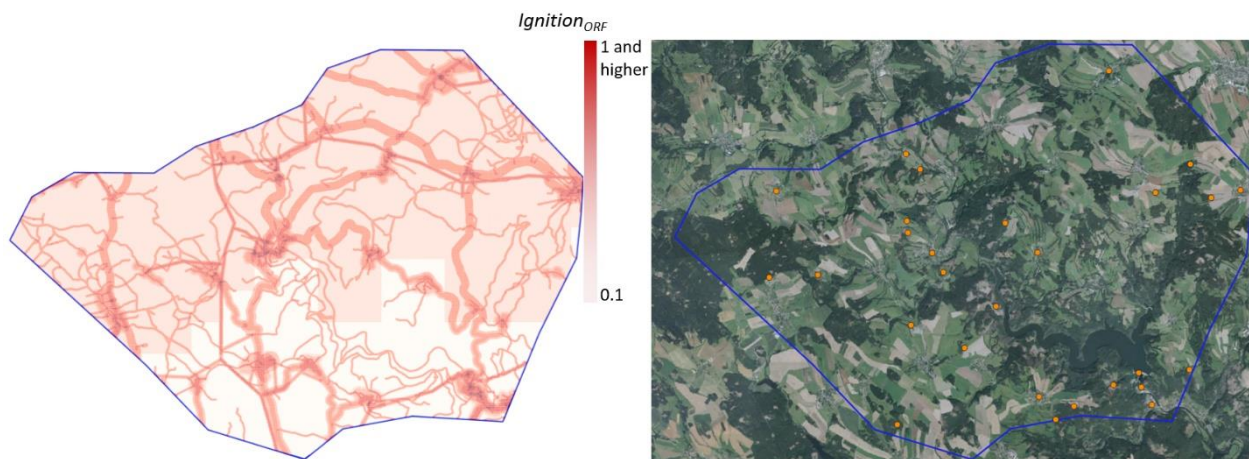


Obr. 61. Vrstva „Riziko nebezpečí požárů“ (ignition) pro VN Švihov (vlevo) a místa skutečných požárů (oranžové body, vpravo).



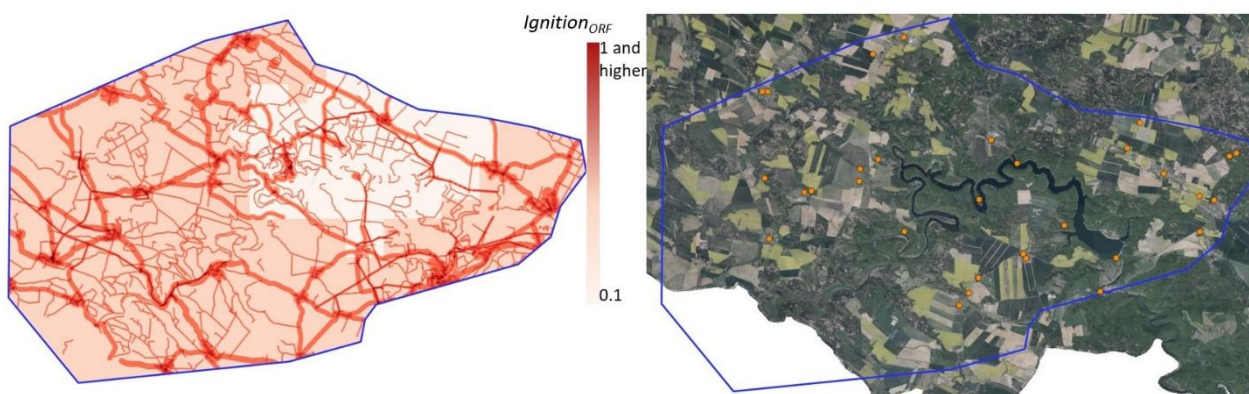
Obr. 62. Zvětšený fragment vrstvy „Riziko nebezpečí požárů“ (vlevo a střed) a místa skutečných požárů (oranžové body, vpravo).

5.4.2.2 VN Vír I



Obr. 63. Vrstva „Riziko nebezpečí požárů“ (ignition) pro VN Vír (vlevo) a místa skutečných požárů (oranžové body, vpravo).

5.4.2.3 VN Vranov



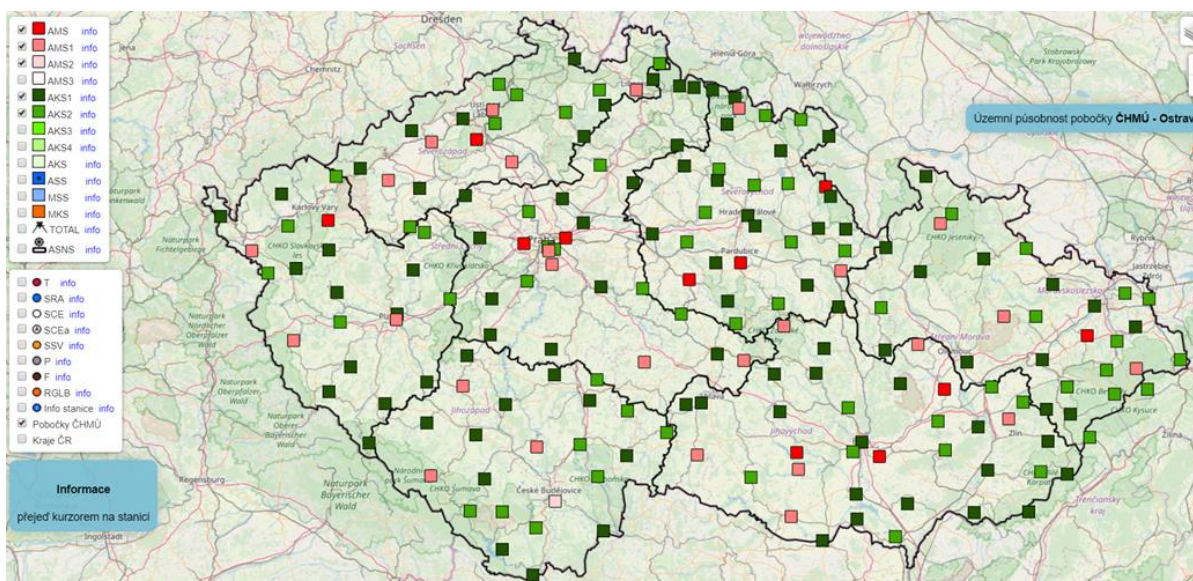
Obr. 64. Vrstva „Riziko nebezpečí požárů“ (ignition) pro VN Vranov (vlevo) a místa skutečných požárů (oranžové body, vpravo).

6. METODY PRO MONITORING, PŘEDPOVĚĎ A ODHAD BUDOUCÍ MÍRY AKTUÁLNÍHO RIZIKA PŘÍRODNÍCH POŽÁRŮ

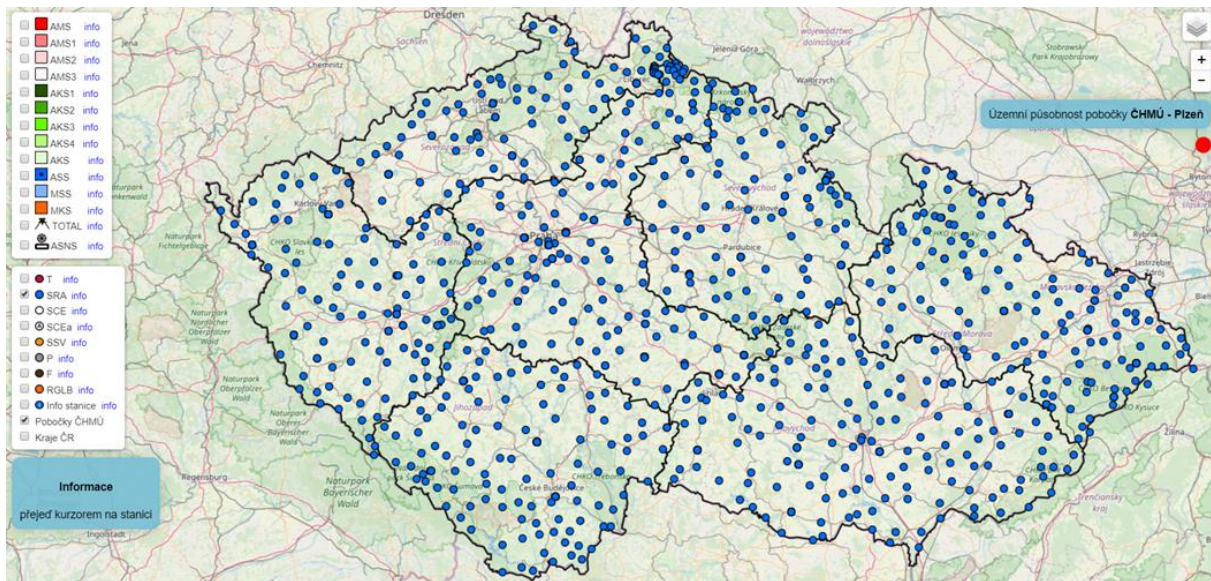
V následujícím textu jsou popsány vstupní data a výpočet tří indexů pro odhad požárního počasí: FWI, FFDI, FFI.

Monitoring rizika přírodních požárů v České republice vychází prioritně z naměřených meteorologických prvků na staniční síti Českého hydrometeorologického ústavu. Ten disponuje velice hustou sítí těchto měřících bodů. Jako základní síť tvoří tzv. "klimatologické" stanice, na kterých je prioritně měřena teplota vzduchu, srážky, vlhkost vzduchu a na mnoha z nich také rychlost větru a sluneční svit, které se využívají pro výpočet požárního rizika.

Těchto stanic je k dispozici okolo 250 (Obr. 65). Jelikož srážky jsou často lokální, tak se tato síť zahušťuje právě ještě o srážkoměrné stanice. Těch základních je většinou okolo 850 (Obr. 66), ale nelze je všechny využít. Data pro monitoring požárního rizika jsou v hodinovém rozlišení a zhruba polovina srážkoměrných stanic je stále manuálních a data z nich jsou pouze v denním kroku. Proto se pro operativní monitoring požárního rizika používají jen ty automatizované, které produkují data například i v minutovém kroku. Základní meteorologické prvky použité pro výpočet požárního rizika jsou teplota vzduchu, srážky, sluneční svit, rychlost větru a vlhkost vzduchu.



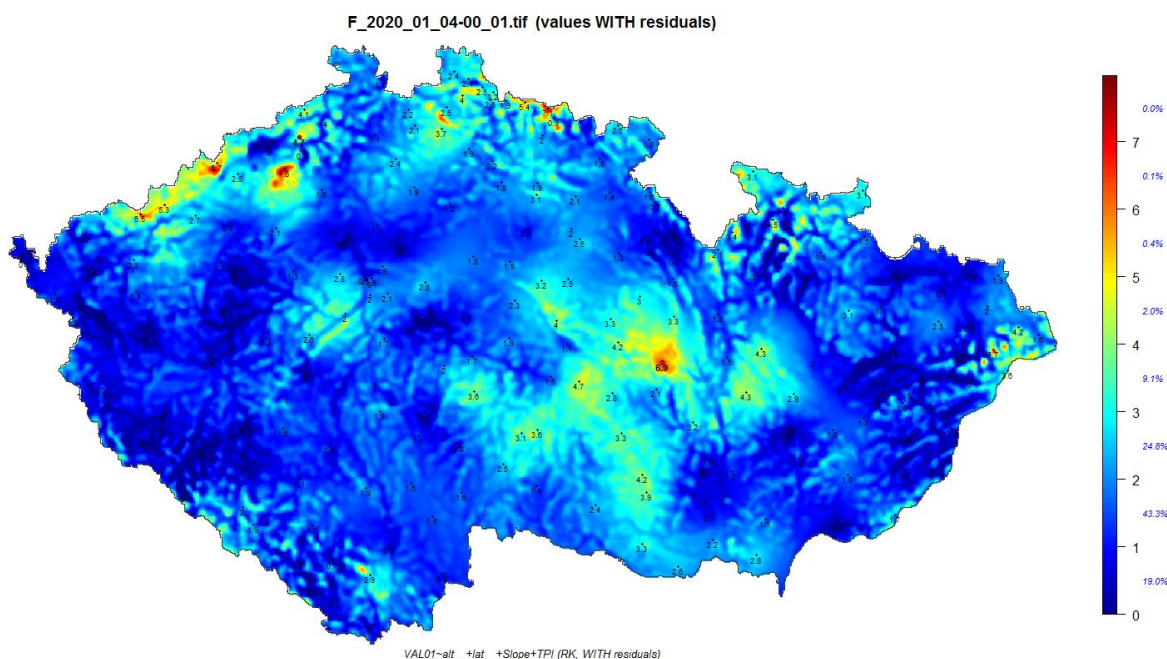
Obr. 65. Klimatologické stanice ČHMÚ.



Obr. 66. Srážkoměrné stanice ČHMÚ.

Jelikož operativní data mohou být náchylná na chyby měření, provádí se jejich kontrola. První je již automaticky nastavena v databázi ČHMÚ CLIDATA, kde dochází hlavně ke kontrole fyzikálních limitů. Druhý stupeň kontroly je prováděn pomocí vlastního systému MetQC, který kombinuje více statistických metod dohromady a na základě jejich výsledků vyloučí z dalších výpočtů podezřelou hodnotu. Metoda je prioritně postavena na porovnání naměřené hodnoty s daty z okolních stanic. Ty jsou standardizovány na nadmořskou výšku testované stanice. Po jejich přepočtu je pomocí IDW metody, kdy jsou stanice váženy podle jejich vzdálenosti, vypočtena tzv. očekávaná hodnota, s kterou je ta testovaná statisticky porovnána.

Takto zkontrolované hodnoty vstupují do interpolace. K ní se používá metoda regresního krigingu s externími parametry jako je nadmořská výška, sklonitost, šikmost, drsnost terénu atd. Výsledná rasterová vrstva má rozlišení 500 x 500 m a vstupuje do následných výpočtů požárního rizika (Obr. 67).



Obr. 67. Ukázka interpolovaných dat rychlosti větru v rozlišení 500 x 500 m pro 1. 1. 2020 ve 4 hodiny.

6.1 Indexy požárního počasí

Mezi nejpoužívanější metody odhadu výskytu požárů patří indexy pro odhad požárního počasí (anglicky fire danger indices). Níže uvedený popis indexů byl podrobně uveden v metodice publikované Trnkou et al. (2020b), který zde ve zkrácené podobě přebíráme.

6.1.1 Fire weather index (FWI)

Fire Weather Index (FWI) je meteorologický index používaný po celém světě k odhadu nebezpečí požáru. Skládá se z různých složek, které zohledňují účinky vlhkosti paliva a větru na chování a šíření požáru. Čím vyšší je FWI, tím jsou meteorologické podmínky pro vyvolání požáru příznivější. FWI je nyní v Evropě preferovaným předpovědním nástrojem v rámci předpovědí nebezpečí lesních požárů v rámci Evropského informačního systému o lesních požárech (EFFIS). FWI se také používá jako model pro analýzu dopadů změn klimatu na nebezpečí požárů v řadě zemí.

Fire Weather Index (FWI) je založen na poledních teplotách vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti větru a také na 24 hodinových srážkách. Sněhová pokrývka se bere v úvahu i při odhadu nebezpečí.

FWI je finální index systému FWI, který je součástí kanadského systému monitoringu požárního nebezpečí – CFFDRS. Systém FWI má dohromady šest výstupů. Dva z těchto výstupů definují index FWI: index počátečního šíření (*Initial spread index – ISI*) a index nahromadění (*Buildup index – BUI*). Na základě normálových limitů indexu, může být FWI vyjádřen několika stupni: B, D, I a S. Tyto jednotlivé stupně byly odvozeny z grafu intenzity požárů na experimentální stanici Petawawa v Ontariu (Kanada). V současnosti používaný stupeň B byl Van Wagnerem (1974) popsán následovně:

$$\ln S = 2.72 \times (0.434 \times \ln B)^{0.647}$$

kde S a B reprezentují stupně S a B indexu FWI.

Van Wagner definoval stupeň B indexu FWI takto:

$$B = 0.1 \times R \times f(D)$$

kde R je index počátečního šíření (Initial spread index) a f(D) je funkce vlhkosti humusové vrstvy.

6.1.2 Forest fire danger index (FFDI)

FFDI a FWI indexy jsou si navzájem podobné v tom, že jsou oba nejvíce citlivé na rychlost větru, poté na relativní vlhkost a teplotu vzduchu. FFD je relativně citlivější na teplotu a relativní vlhkost a méně citlivější na rychlost větru a srážky než FWI. Tyto indexy se vzájemně doplňují v tom, že oba reagují na poněkud odlišný soubor podmínek předcházejících požárům.

Australský index FFDI (Noble et al., 1980) lze vypočítat pomocí následujícího vztahu:

$$FFDI = 2e^{(-0.45 + 0.987 \ln(DF) - 0.0345 RH + 0.0338T + 0.0234u)}$$

kde T je teplota (°C), u je rychlost větru (km/h) a RH je relativní vlhkost (%). DF je Drought factor, (faktor sucha), tedy číslo od 1 do 10, které reprezentuje vliv nedávného průběhu teplot a srážek na dostupnost hořlavého materiálu.

6.2 Metody lokalizovaného výpočtu indexů požárního počasí

6.2.1 Základní popis

Lokalizovaný výpočet indexu požárního počasí je závislý na dostupnosti měřených meteorologických dat. Ty jsou hlavně v síti ČHMÚ. Základní sítí jsou klimatologické stanice, které jsou doplněny srážkoměrnými, které mají hustší umístění, aby více zachytily lokálnější srážky (Kapitola 6). Pomocí interpolačních metod jsou tyto hodnoty ze stanic převedeny do prostoru a na základě znalosti reliéfu vodních nádrží a jejich okolí vypočítají údaje o počasí pro danou lokalitu. Bohužel většina stanic leží vzdáleněji od přehrady a má jiné vlastnosti umístění (podle standardů WMO).

Pro zlepšení monitoringu i vlastní předpovědi požárního rizika je dobré osazovat okolí vodní nádrže účelovými stanicemi s měřením alespoň základních meteorologických prvků. V tomto případě je nejdůležitější rychlost větru, který se může v okolí nádrže zásadním způsobem měnit, a jeho odhadnutelnost jen na základě vzdálených meteorologických stanic je velice komplikovaná a zatížena velkou nejistotou. Tyto lokální účelové stanice lze přímo zakomponovat do interpolace meteorologických prvků a při zacílení jen pouze na danou oblast tak jít i do vysokého rozlišení v řádu několika desítek metrů.

Lokální stanice lze využít i pro kalibraci numerických předpovědních modelů. Pomocí tzv. Bias korekce jsou předpovědní modely naladěny na podmínky přímo dané vodní nádrže, právě na základě umístěných stanic. Například pokud z naměřených dat vyplývá, že na hrázi je vyšší rychlost větru za určitých situací než odhadují hrubší meteorologické modely, tak ty jsou nově naučeny, že automaticky budou své výpočty přizpůsobovat těmto vyšším rychlostem a nebude například docházet k podhodnocování požárního rizika v daném místě.

Korekce numerických předpovědních modelů probíhá na základě porovnání s naměřenými daty. Časová řada by měla být samozřejmě co nejdelší, ale to není vždy možné. Proto doporučujeme použít alespoň dva roky dat. Porovnání se děje pro každou část roku zvlášť a funguje na principu kvantilové metody. Tedy pro každý percentil naměřených a modelovaných dat je zjištěn rozdíl. Ten je pomocí nízkofrekvenčního filtru zhlazen a použije se na korekci modelových dat a tedy se neopravuje o konstantní hodnotu, ale proměnlivě podle spektra dat.

Jak může vodní nádrž ovlivnit mezoklimatické podmínky ve svém okolí lze demonstrovat na příkladu meteorologické stanice ČHMÚ v Hulicích. Po přemístění měření rychlosti větru přímo na hráze přehrady se zvýšila průměrná roční rychlost větru 2,4x a klesl výskyt bezvětří o 77 % (viz kapitola 4). Po instalaci meteorologických stanic na hrázích u všech nádrží se ukázalo, že k největším rozdílům dochází právě u rychlosti větru. Bezvětří na vzdálenějších stanicích, ale na hrázích rychlost větru 1 až 4 m/s proměnlivým směrem větru. Na hrázích byly zaznamenány i 1,5x vyšší výskyty nárazů větrů nad 20 m/s.

6.2.2 Praktická aplikace

6.2.2.1 VN Švihov

V okolí nádrže Švihov je nejbližší stanice Hulice (P3HULI01), která se nachází přímo u vodní nádrže (viz kap. 4.2). Další 5 klimatologických stanic se nachází do vzdálenosti 30 km a jsou jak níže, tak výše než samotná nádrž, což je vhodné pro kvalitní interpolaci dat. Nejbližších 6 srážkoměrných stanic se nachází ve vzdálenosti do 20 km a jsou většinou ve vyšší nadmořské výšce.

Tab. 17. Přehled nejbližších klimatologických a srážkoměrných stanic ČHMÚ v okolí nádrže Švihov s určením vzdálenosti a nadmořské výšky stanice.

Švihov	okolní stanice	vzdálenost	nad. výška
Klimatologické	P3HULI01	0,0	378,0
	P3VLAS01	14,2	415,0
	P3KOSE01	16,4	532,3
	H3ZBYS01	19,0	490,0
	P3STAN01	20,3	415,0
	H3CASL01	29,9	251,0
Srážkoměrné	P3HULI01	0,0	378,0
	P3REND01	5,3	444,0
	P3VLAS01	14,2	415,0
	P3KOSE01	16,4	532,3
	H3ZBYS01	19,0	490,0
	H3BAHN01	19,4	420,0

6.2.2.2 VN Vír I

V okolí nádrže Vír je šest nejbližších klimatologických stanic také ve vzdálenosti do 30 km. Nejbližší je stanice Bystřice nad Pernštejnem (B2BYSP01) a Nedvězí (B2NEDV01). Obě stanice mají bohužel jiné lokální vlastnosti, které ovlivňují jejich měření a stanice Vír leží mezi nimi. Zde je osazení lokálními stanicemi přímo v bezprostřední oblasti vodní nádrže velmi vhodné. Pro klimatologické vyhodnocení používáme hlavně stanici B2BYSP01, ale rychlost větru je zde ovlivněna okolní drsností terénu a je lepší pracovat s rychlostí větru měřenou na B2NEDV01, která odpovídá více otevřenému terénu a tedy i vodní nádrži Vír. Srážkoměrné stanice jsou v dostatečném množství ve vzdálenosti do 20 km. Na přehradě je přímo umístěna manuální srážkoměrná stanice, která by byla nejvhodnější, bohužel není automatizována, takže má k dispozici pouze denní data s měsíčním zpožděním. I proto jsme zde nově nainstalovali meteorologickou stanici přímo na hrázi přehrady (kap. 4.3).

Tab. 18. Přehled nejbližších klimatologických a srážkoměrných stanic ČHMÚ v okolí nádrže Vír I s určením vzdálenosti a nadmořské výšky stanice.

Vír	okolní stanice	vzdálenost	nad. výška
Klimatologické	B2BYSP01	6,2	553,0
	B2NEDV01	7,8	722,0
	B2HAJE01	24,2	409,0
	B2VATI01	25,4	558,0
	H3SVRA01	27,7	734,0
	O2JEVI01	29,2	362,0
Srážkoměrné	B2BYSP01	6,2	553,0
	B2OLES01	7,4	543,0
	B2NEDV01	7,8	722,0
	B2POLI01	17,2	552,0
	B2NMES01	17,7	601,0
	B2KADO01	18,8	672,0

6.2.2.3 VN Vranov

Vodní nádrž Vranov má šest nejbližších klimatologických stanic ve větší vzdálenosti než předešlé dvě. Nejbližší stanice jsou celkem vzdáleny, 17 a 20 km, další jsou pak mezi 30 až 40 km. To je například pro interpretaci rychlosti větru na vodní nádrži nepříliš vhodné a může to zvyšovat chybu monitoringu. I přesto, že nejbližší je stanice Moravské Budějovice (B2MBUD01), doporučujeme jako hlavní stanici používat Kuchařovice (B2KUCH01), jelikož jde o profesionální stanici na volném prostranství a tedy lépe vystihující podmínky vodní nádrže, hlavně s ohledem na rychlost větru. Na vodní nádrži je také manuální srážkoměrná stanice, která z povahy věci není pro monitoring využitelná, proto by bylo vhodnější její výměna za automatický srážkoměr.

Tab. 19. Přehled nejbližších klimatologických a srážkoměrných stanic ČHMÚ v okolí nádrže Vranov s určením vzdálenosti a nadmořské výšky stanice.

Vranov	okolní stanice	vzdálenost	nad. výška
Klimatologické	B2MBUD01	17,3	460,0
	B2KUCH01	19,7	334,0
	B2DUKO01	31,3	400,2
	B2SEDC01	36,8	474,0
	B2DYJA01	38,2	201,0
	B2KMYS01	39,5	569,0
Srážkoměrné	B2STRE01	15,5	325,0
	B2MBUD01	17,3	460,0
	B2SATO01	19,7	238,0
	B2KUCH01	19,7	334,0
	B2JEMN01	21,3	502,0
	B2DZBA01	30,5	337,0

6.3 Metody komplexního posouzení požárního rizika

6.3.1 Základní popis

Software FlamMap určený pro analýzu požárního chování byl vyvinutý v USA v Missoula Fire Sciences Laboratory, patřící pod Forest Service U.S. Department of Agriculture. Tato missoulská laboratoř se dlouhodobě zabývá studiem a predikcí přírodních požárů a v rámci svých výzkumů vyvíjí aplikace a produkty, které mohou pomoci predikovat vývoj přírodních požárů.

V rámci metodiky byl použit program FlamMap určený k simulaci základních charakteristik požárů, k predikci růstu a šíření požáru příp. k indikaci pravděpodobného hoření na zkoumaném území za konstantních podmínek prostředí. FlamMap vytváří rastrové a vektorové mapy, které je možné prohlížet přímo v programu či exportovat do jiných GIS programů. K samotnému používání programu je potřeba mít počítač s 64-bit operačním systémem Windows a podkladová data.

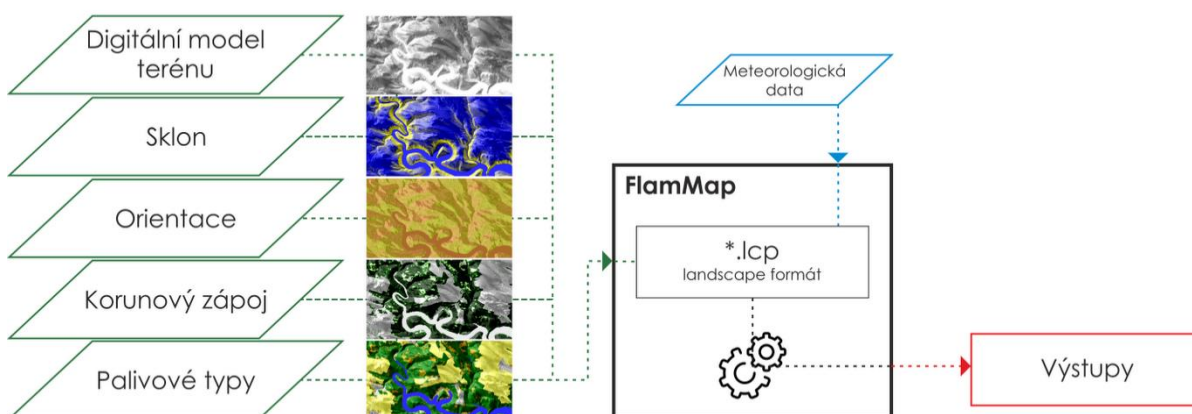
K posouzení rizika potřebuje program pět základních vrstev, týkajících se topografie, vegetace a paliva. Do FlamMapu vstupuje vrstva digitální model reliéfu, sklon reliéfu a orientace vůči světovým stranám (sklon a orientace lze vytvořit z DMR), dále je nutno mít vrstvu Korunový zápoj (Canopy Cover; kolik procent plochy je zastíněno korunou stromů) a jako poslední určit v krajině palivové typy (zařadit do klasifikace dle Scott a Burgan, 2005).

Podrobnější informace o programu FlamMap jsou uvedeny v Trnka et al., 2020b a Beranová et al., 2021.

V následující části je posouzeno komplexní požární riziko v okolí řešených vodních nádrží při použití základních charakteristik chování požárů. Jedná se o Rychlost šíření (Rate of spread), délku plamene (Flame length), intenzitu požáru (Fireline intensity) a Teplo na plochu (Heat/Unit Area). Tyto rasterové výstupy umožňují posoudit, kde může docházet k rychlému postupu a šíření ohně a dávají možnost zhodnotit rizikovost krajiny jako celku.

Simulace probíhaly na datech z jara a léta roku 2019, kdy bylo typické požární počasí (teplo a větrno) a je možno sledovat, jaké rozdíly nastávají v predikcích šíření v těchto ročních obdobích. Na jaře je předpokládáno, že zemědělské plodiny jsou nehořlavé, a proto má většina území snížené či žádné podmínky k hoření, zatímco v letních měsících jsou parametry odlišné a je očividné, že požár by postupoval rychleji, podrobněji uvedeno u každé nádrže.

V rámci analýz programu FlamMap byla vytipována místa s pomocí funkce Burnprobability. Tento nástroj umožňuje predikovat místa, kde je větší pravděpodobnost shoření. Tato vytipovaná místa byla protnuta s vrstvou Riziko nebezpečí požárů (viz kapitola 5.4), dále s mapou indexu požárního rizika lesních ekosystémů (Beranová et al., 2021) a dále byla vzata do úvah lidská činnost a pohyb v těchto místech. V těchto lokalitách byl simulován požár v délce trvání jedné a šesti hodin. Výsledky jsou ke zhlédnutí také v následující části.



Obr. 68. Schéma modelu FlamMap – vstupní vrstvy, integrovaná vrstva *.lcp, vstup meteorologických dat a výstupy.

6.3.2 Praktická aplikace

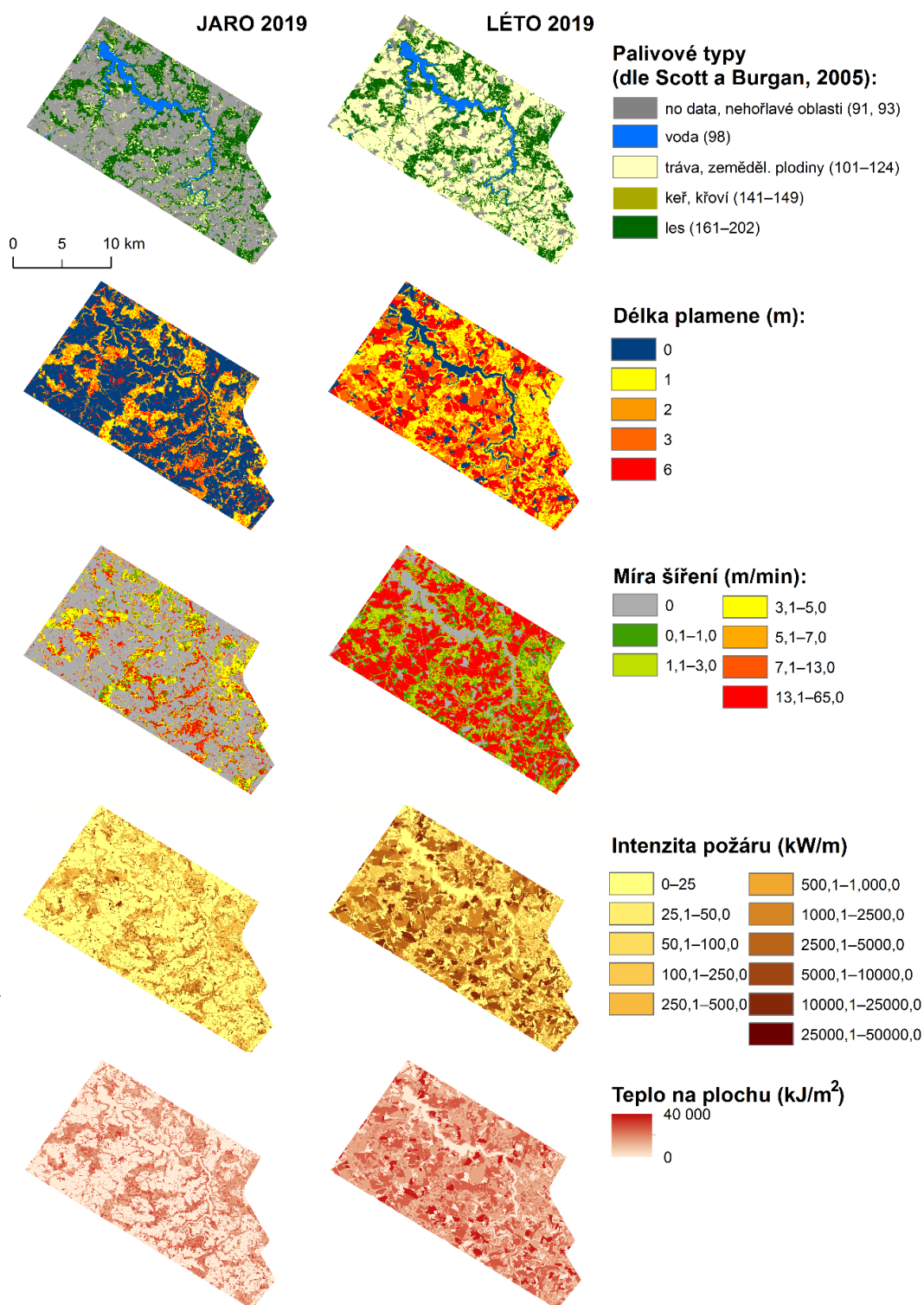
Pro jednotlivé vodní nádrže jsme pomocí programu FlamMap nasimulovali délku plamene, míru šíření ohně, intenzitu požáru a teplo na plochu na jaře a v létě. Dále jsou v okolí jednotlivých nádrží uvedeny palivové typy dle Scott a Burgan, 2005.

6.3.2.1 VN Švihov

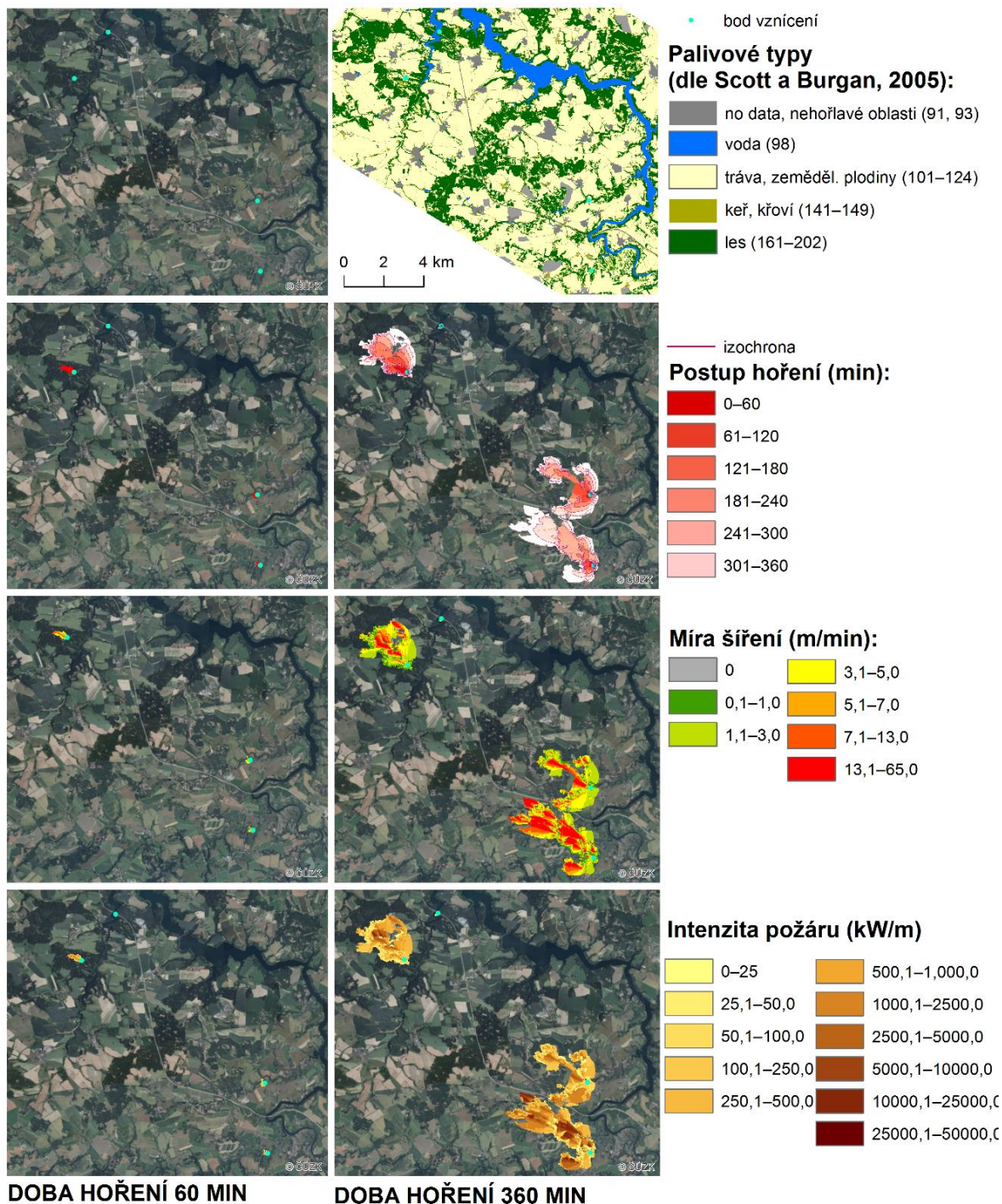
V okolí VN Švihov (Obr. 69) převládá z palivových typů tráva a zemědělské plodiny (zejména v letním období) a dále stromy a keře. Při vzniku požáru vychází dle výsledků modelu významný rozdíl mezi jarem a létem. V létě můžeme očekávat délku plamene převážně 3 až 6 metrů a míru šíření 13,1 až 65 m/min (např. v okolí obcí Nesměřice, Hrádek, Onšovec, Radíkovice, Bezděkov, Chotěměřice, Habrovčice, Budeč, Kožlí, Žibřidovice, Střítež, Zahradčice a Bernatice). Největší intenzita požáru

(25 000–50 000 kW/m) vychází např. v blízkosti obcí Onšovec, Radíkovice, Zahradčice, Žibřidovice a Střítež. Teplo na plochu může být v neohroženějších lokalitách až 40 000 kJ/m² (např. v okolí obce Zahradčice).

Při simulaci požáru je nejvíce ohrožena Sedlická zátoka a oblast v okolí obcí Blažejovice, Píšť, Hořice a Hroznětice (bezprostřední okolí dálnice D1).



Obr. 69. Palivové typy, délka plamene, míra šíření, intenzita požáru a teplo na plochu na jaře (sloupec a) a v létě (sloupec b); VN Švihov.



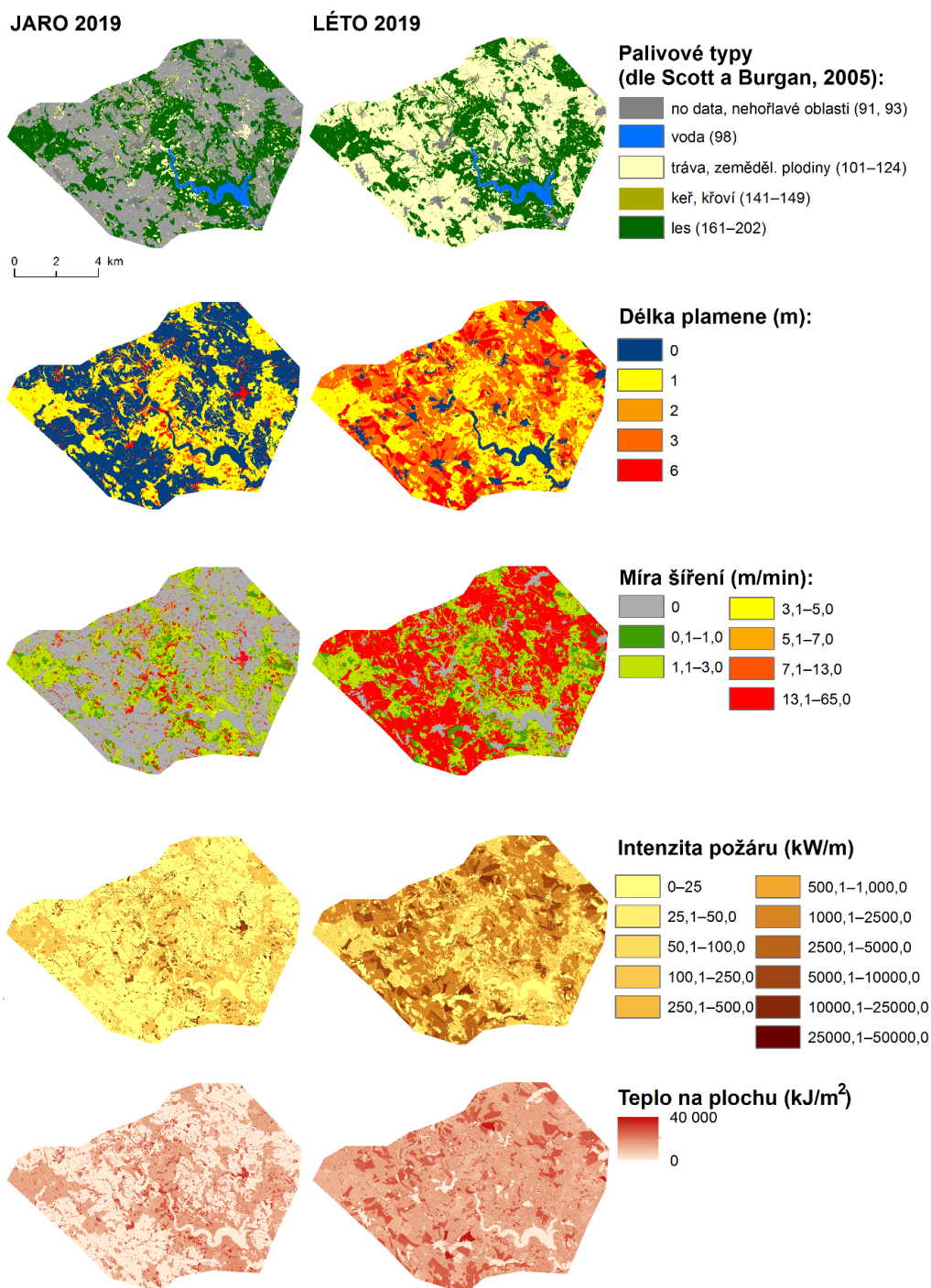
Obr. 70. Simulace požáru při době hoření 60 minut (sloupec a) a 360 minut (sloupec b); postup hoření, míra šíření požáru a intenzita požáru; VN Švihov.

6.3.2.2 VN Vír I

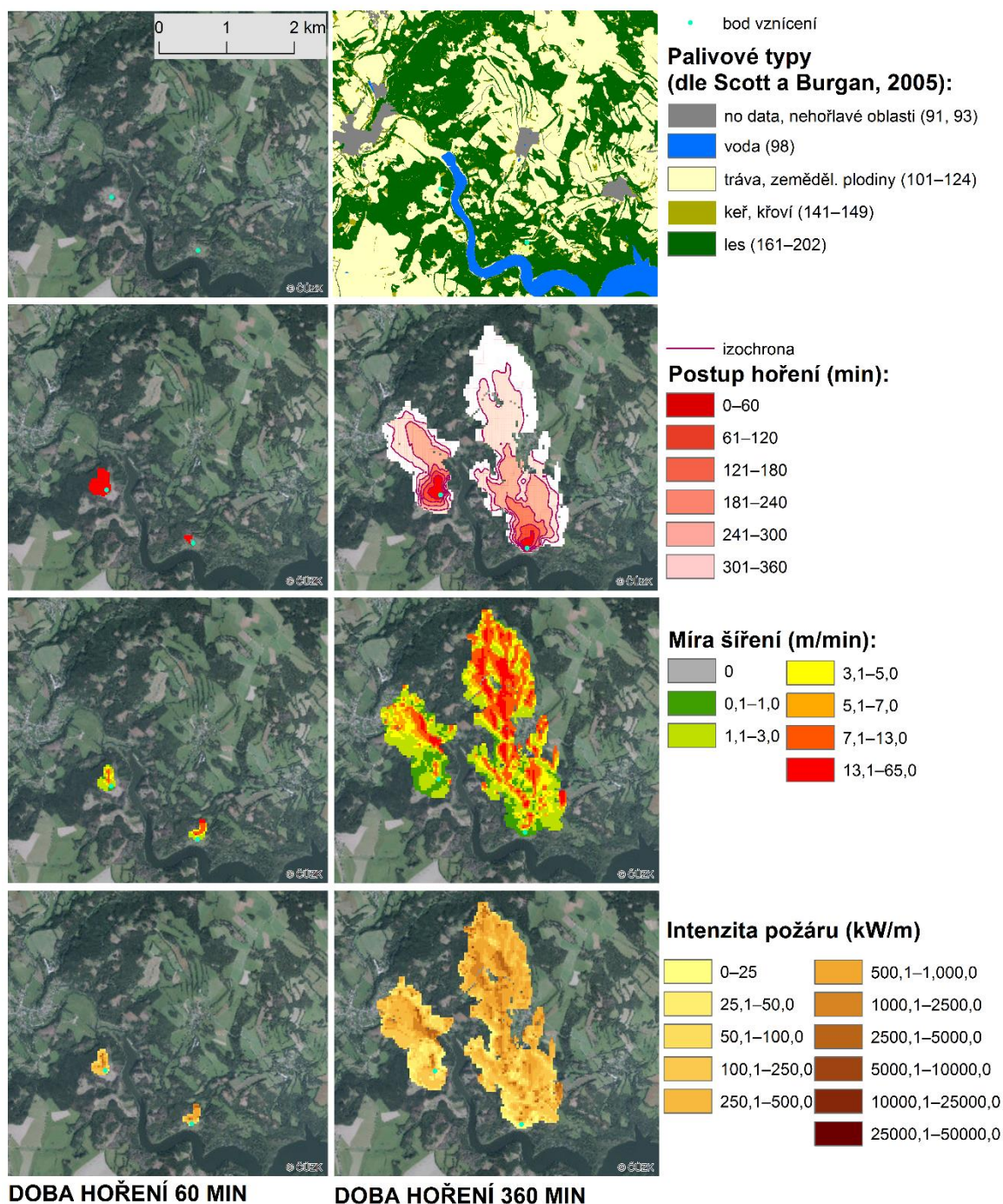
V okolí VN Vír I (Obr. 71) převládá v bezprostředním okolí les a směrem na Dalečín tráva a zemědělské plodiny (zejména v létě). V posledním roce se les v okolí nádrže významně změnil z důvodu výskytu kůrovce a následné těžby odumřelých stromů. Stejně jako u VN Švihov, i na této vodní nádrži je při vzniku požáru významný rozdíl mezi jarem a létem. Délka plamene v bezprostředním okolí nádrže je

1 m, na některých lokalitách (např. směrem na Dalečín či v lese v okolí kopce Holotín a Slavíčkův vrch) může být délka plamene 3 až 6 m, a to na jaře i v létě. Na stejných lokalitách vychází i nejrychlejší míra šíření ohně – 13,6 až 65 m/min. Intenzita požáru směrem na Dalečín může být až 25 000–50 000 kW/m a teplo na plochu až 40 000 kJ/m².

Při simulaci požáru jsou nejvíce ohroženy obce severozápadním směrem od vodní nádrže (např. Dalečín, Strachujov, Jimramovské Pavlovice či Velké Janovice) a dále lokality severním směrem od nádrže (např. Hluboké, Veselí, Ubušínek, Ubušín a další).



Obr. 71. Palivové typy, délka plamene, míra šíření, intenzita požáru a teplo na plochu na jaře (sloupec a) a v létě (sloupec b); VN Vír I.

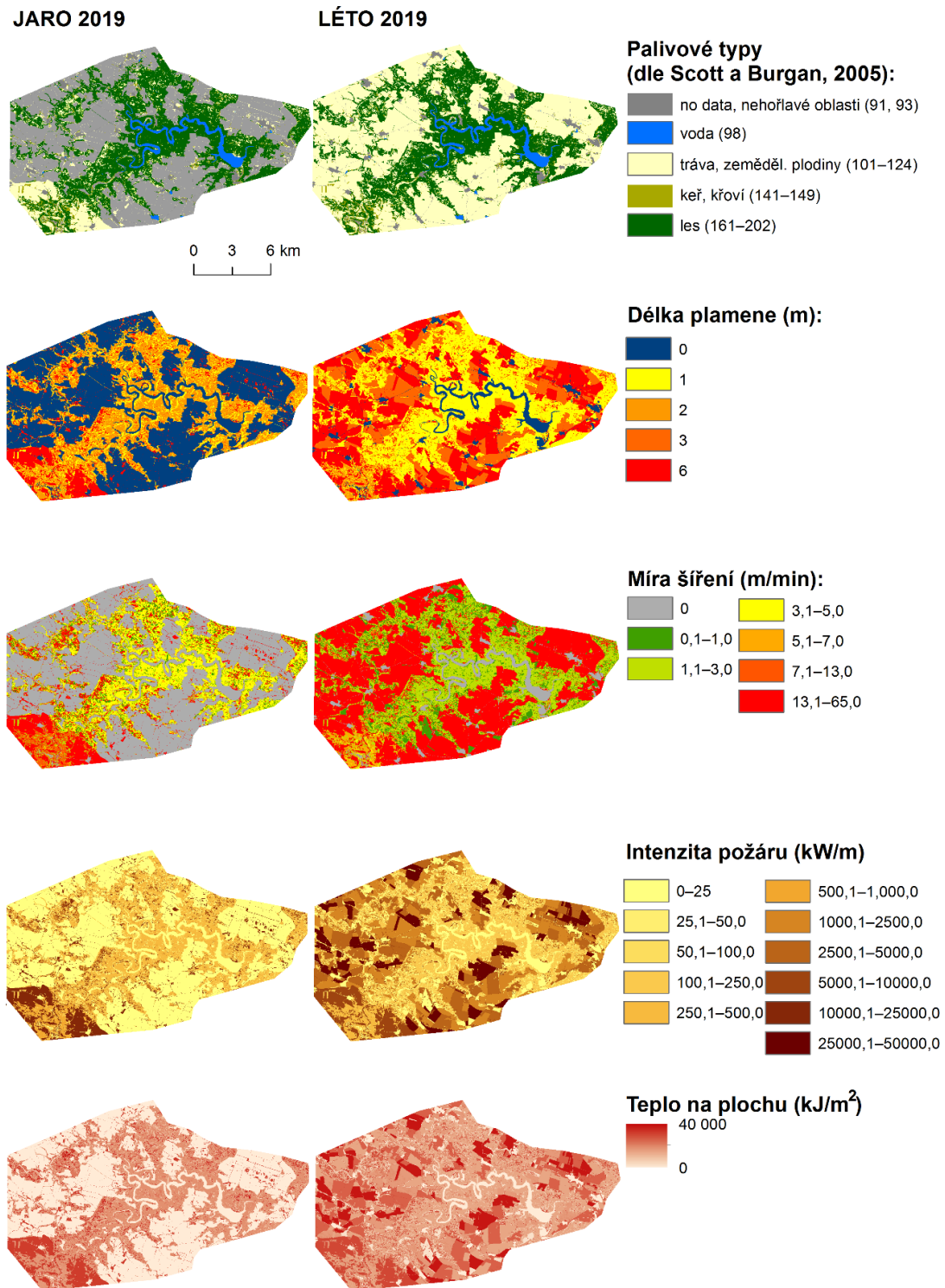


Obr. 72. Simulace požáru při době hoření 60 minut (sloupec a) a 360 minut (sloupec b); postup hoření, míra šíření požáru a intenzita požáru; VN Vír I.

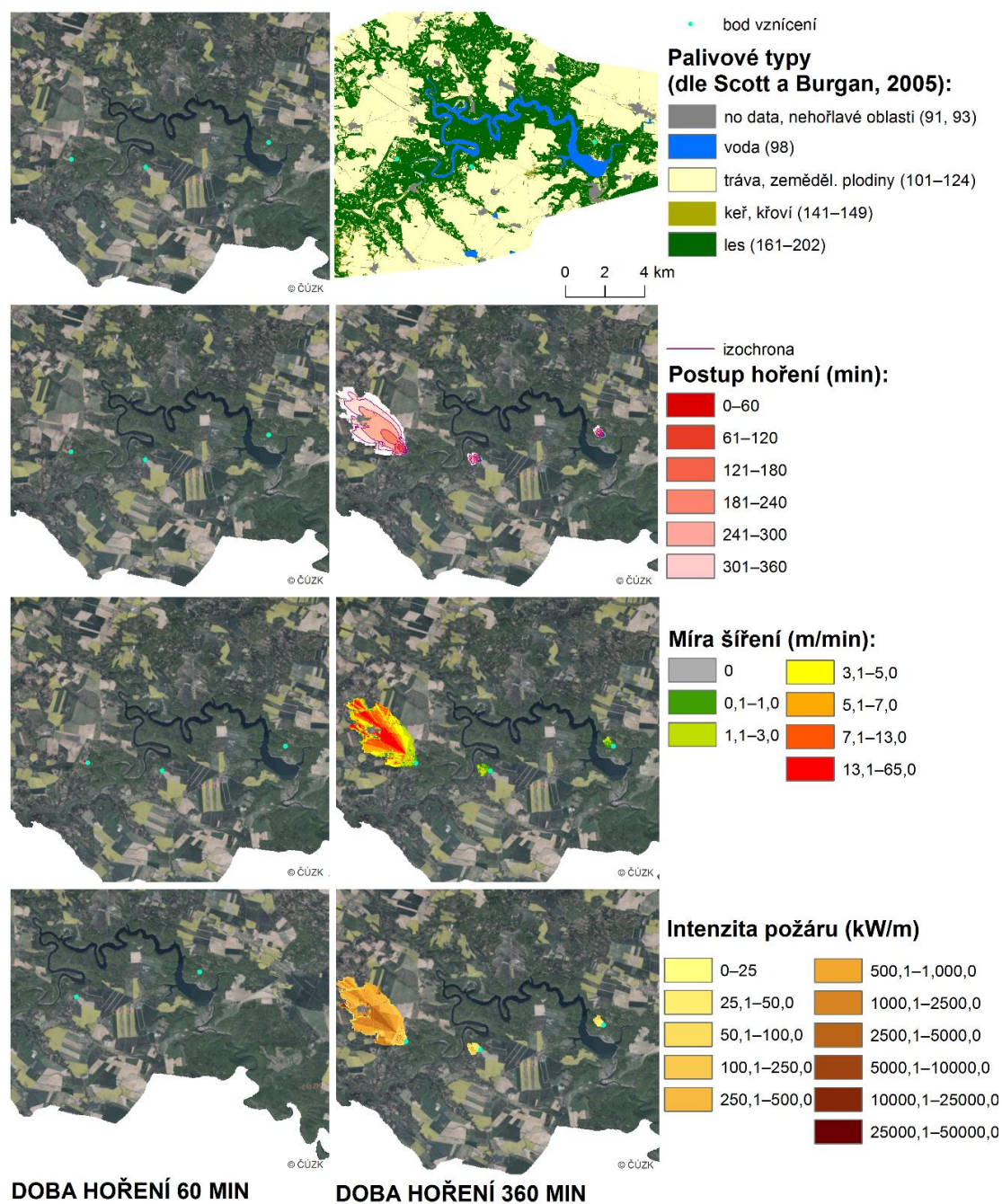
6.3.2.3 VN Vranov

Z palivových typů převládá v bezprostředním okolí VN Vranov (Obr. 73) les, ve vzdálenějších oblastech jsou to trávy a zemědělské plodiny (letní období). Délka plamene při požáru by v nejbližším okolí dosahovala 1 m, v okolí obce Chvalatice, Bítov, Oslnovice by délka plamene při požáru byla až 6 m. Míra šíření ohně v bezprostředním okolí vodní plochy by byla 1,1 až 3,0 m/min, ale v okolí obcí Oslnovice, Chvalatice, Vranč či Popelná by rychlost šíření ohně dosahovala 13,1 až 65 m/min. Intenzita požáru v bezprostředním okolí vodní plochy vychází na 250 až 500 kW/m, nejvyšší by byla v okolí obce Chvalatice (2 500 až 5 000 kW/m) a zde vychází i nejvyšší teplo na plochu (kJ/m²).

Při simulaci požáru je nejvíce ohrožen vegetační pokryv východně od Uherčic.



Obr. 73. Palivové typy, délka plamene, míra šíření, intenzita požáru a teplo na plochu na jaře (sloupec a) a v létě (sloupec b); VN Vranov.



Obr. 74. Simulace požáru při době hoření 60 minut (sloupec a) a 360 minut (sloupec b); postup hoření, míra šíření požáru a intenzita požáru; VN Vranov.

6.3.2.4 Souhrn

Přiložené obrázky zobrazují palivové typy, délku plamene, míru šíření ohně, intenzitu požáru a teplo na plochu na jaře a v létě. Dále je uvedena simulace požáru s dobou hoření 60 a 360 minut se zobrazením postupu hoření, míry šíření a intenzity požáru. U VN Švihov je při simulaci požáru nejvíce ohrožena Sedlická zátoka a oblast v okolí obcí Blažejovice, Píšť, Hořice a Hroznětice (bezprostřední okolí dálnice D1, což může způsobit mnohonásobně větší komplikace a zvýšit nebezpečí). U VN Vír I jsou nejvíce ohroženy obce severozápadním směrem od vodní nádrže (např. Dalečín, Strachujov, Jimramovské Pavlovice či Velké Janovice) a dále lokality severním směrem od nádrže (např. Hluboké, Veselí, Ubušínek či Ubušín) a u VN Vranov je nejvíce ohrožen vegetační pokryv východně od Uherčic.

7. VYHODNOCENÍ DŮSLEDKŮ ZMĚNY KLIMATU PRO ZVÝŠENÍ MÍRY POŽÁRNÍHO RIZIKA

7.1 Základní popis

Pro predikování vývoje klimatu v budoucnosti vědci využívají tzv. klimatické modely. Ty jsou ve své podstatě velmi blízké numerickým předpovědním modelům počasí, které už dlouhou dobu úspěšně slouží ke každodenní předpovědi počasí na nejbližší dny. Na rozdíl od nich však klimatické modely postihují daleko širší škálu dějů, např. chování oceánu, kryosféry či přírodní koloběh významných chemických látek, zejména pak uhlíku. Základním nástrojem pro výzkum klimatu jsou tzv. globální klimatické modely (GCM), které simulují podnebí na celoplanetární úrovni. Pracují na výpočetní síti s krokem okolo 100 km, přičemž takto hrubé rozlišení výpočetní sítě GCM je dáno především enormními nároky na výkon superpočítačů, na nichž tyto modely běží. To bohužel zároveň omezuje schopnost GCM s dostatečnou přesností popsat všechna specifika regionálního podnebí. Pro získání podrobnějších informací je třeba zvolit alternativní metody. Jednou z cest je zapojení tzv. regionálního klimatického modelu (RCM). Takový model ve svém výpočtu postihne jen menší část planety (např. celou Evropu a okolí), ale nabízí vysoké prostorové rozlišení (např. 0,11 a 0,44 stupně v tzv. rotované zeměpisné šířce a délce, což odpovídá asi 12,5 km a 50 km), a proto se hodí pro studium podnebí menších zeměpisných celků. Pro jeho správný výpočet je ale potřeba znát, co se děje v atmosféře či oceánu mimo jeho výpočetní oblast. Tuto informaci v podobě tzv. okrajové podmínky dodává pak zvolený GCM, který tímto způsobem podrobnější RCM řídí. V dnešní době existuje celá řada podobných dvojic klimatických modelů (GCM – RCM), které lze použít pro studium klimatu Evropy. Byly vytvořeny v rámci evropské části projektu CORDEX.

Simulace klimatických modelů do budoucnosti vždy uvažují různé trajektorie vývoje koncentrací skleníkových plynů. Tyto trajektorie se nazývají Representative Concentration Pathways (RCP) a, na rozdíl od emisních scénářů užívaných v minulosti, postihují nikoliv emise, ale až výsledné koncentrace skleníkových plynů v atmosféře Země a s tím spojenou změnu radiační bilance planety na konci 21. století ve srovnání s předindustriální dobou. Scénáře RCP slouží jako vstupní informace pro výpočet GCM a zohledňují v sobě různé předpoklady o budoucím vývoji lidské společnosti, ekonomického rozvoje, využití půdy či fosilních paliv. Scénář RCP4.5 předpokládá stabilizaci radiačního vlivu skleníkových plynů na konci 21. století díky zapojení řady opatření pro redukcí emisí skleníkových plynů. Naopak scénář RCP8.5 předpokládá setrvalý nárůst emisí a výsledných koncentrací skleníkových plynů během celého 21. století. Známý je rovněž scénář RCP2.6, někdy též nazývaný scénářem „Pařížské dohody“, ale pro tento scénář je dostupná menší množina simulací GCM – RCM. Kromě toho se ukazuje jako příliš ambiciózní co do tempa snižování emisí skleníkových plynů a v současnosti se nezdá, že by se svět měl vyvíjet tímto směrem. Proto v našich analýzách se soustředíme pouze na první dva scénáře.

Před samotnou analýzou modelových výstupů byly z řad odstraněny chyby modelu, tedy byla provedena tzv. korekce biasu. Výstupy jednotlivých klimatických modelů byly nejprve validovány pomocí měření na stanicích, na základě tohoto porovnání byla poté provedena korekce aktuálního biasu daného modelu, a to pro všechny zpracovávané meteorologické prvky (klimatické charakteristiky). Korekce na chybu modelu (bias) se provádí proto, aby modelové výstupy odpovídaly realitě zkoumaného území, přičemž v prvním kroku jsou porovnány výstupy modelů v kontrolním běhu se skutečnými naměřenými údaji. Většina modelů je v nekorigované podobě chladnější až o 2 °C a o 100 mm vlhčí než je realita České republiky. Za těchto okolností by bez bias korekce nebylo možné vůbec s modely pro potřeby takového studie pracovat. Na základě zjištěných rozdílů jsou modely opraveny pomocí kvanti-

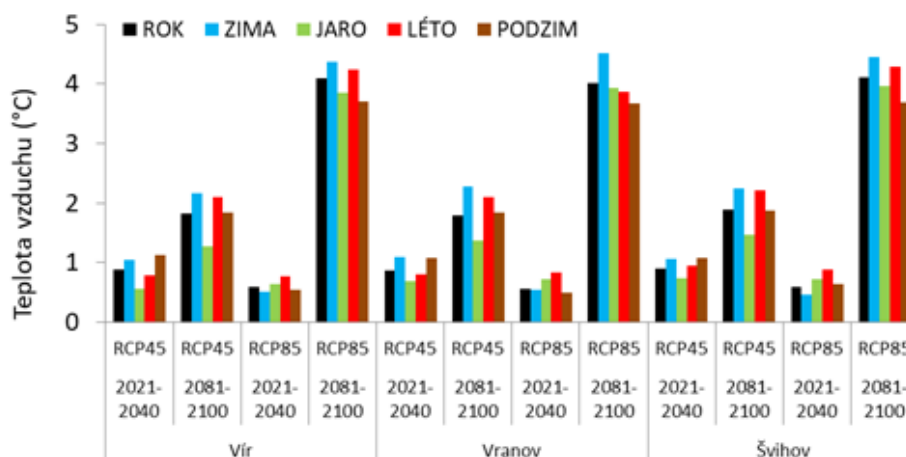
lové korekce (např. Déque et al., 2007, používáme upravenou verzi tohoto principu), konkrétně variabilní korekcí podle percentilů, aby byly modelové simulace plně kompatibilní se staničními měřeními údaji.

Pro tuto studii byly vybrány tři nejreprezentativnější modely ze sady regionálních klimatických modelů EURO-CORDEX v rozlišení 0,44 (EUR44). Jako kontrolní sada a pro vykreslení pásu nejistoty byly použity i tři globální klimatické modely (CMIP5). Modely byly použity tak, aby reprezentovaly mediánovou hodnotu celého souboru klimatických modelů a také jeho teplejší a studenější varianty.

Klimatické modely se shodují, že teplota vzduchu bude nadále růst, a to na celém území republiky. Do roku 2050 bude teplota stoupat konstantně podle obou emisních scénářů (RCP 4.5 a 8.5) shodně. Po roce 2050 se logicky predikce začínají rozcházet a dramatictější scénář počítá až s dvojnásobným nárůstem teploty vzduchu oproti mírnějšímu. Pro všechny tři nádrže je predikce nárůstu teplot prakticky totožná (Obr. 75). Do roku 2060 se oteplí o 1,1 až 1,6 °C oproti rokům 1981–2010. Ke konci století se pak počítá s nárůstem teplot o 1,8–4,1 °C (Tab. 20). Jak lze vidět na Obr. 78, Obr. 79, Obr. 80 tak poslední roky jsou výrazně výše, než co předpokládají modely pro následující období a odpovídají až periodě po roce 2041. Lze tedy usuzovat, že samotné modely podceňují současnou rychlost oteplování. Z jednotlivých sezón se bude nejrychleji oteplovat zima a léto.

Tab. 20. Rozdíl teploty vzduchu oproti dlouhodobému průměru pro 3 vodní nádrže predikované podle tří regionálních klimatických modelů (EUR44).

Nádrž	Scénář	Období	ROK			ZIMA			JARO			LÉTO			PODZIM		
			MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX
Vir		1981-2010		7.0			-2.2			7.1			16.3			7.0	
	RCP45	2021-2040	0.6	0.9	1.3	1.0	1.1	1.8	-0.4	0.6	1.2	0.4	0.8	0.9	0.8	1.1	1.3
	RCP45	2041-2060	0.8	1.1	2.3	0.5	1.2	2.9	0.5	0.9	1.7	1.3	1.4	2.1	0.7	0.8	2.3
	RCP45	2061-2080	1.0	1.5	3.0	1.4	1.8	3.9	0.4	1.1	1.9	1.1	1.7	2.8	0.7	1.2	3.2
	RCP45	2081-2100	1.6	1.8	2.5	1.7	2.2	3.1	0.7	1.3	1.9	1.9	2.1	2.3	1.4	1.8	2.7
	RCP85	2021-2040	0.5	0.6	1.7	0.4	0.5	2.2	0.1	0.6	0.7	0.5	0.8	1.5	0.5	0.5	2.3
	RCP85	2041-2060	1.4	1.8	2.5	1.2	1.8	3.2	0.9	1.6	1.8	1.5	1.6	2.0	1.8	1.8	2.7
	RCP85	2061-2080	2.3	2.7	3.7	3.0	3.3	4.5	1.3	2.3	2.6	2.0	2.4	2.9	2.8	2.9	4.6
	RCP85	2081-2100	3.4	4.1	5.3	4.0	4.4	5.8	2.3	3.9	3.9	3.3	4.2	5.2	3.6	3.7	6.0
Vranov		1981-2010		9.3			-0.4			9.4			18.9			9.3	
	RCP45	2021-2040	0.5	0.9	1.3	0.9	1.1	1.9	-0.3	0.7	1.3	0.5	0.8	0.9	0.8	1.1	1.3
	RCP45	2041-2060	0.8	1.1	2.3	0.6	1.2	3.0	0.5	0.9	1.7	1.3	1.4	2.1	0.7	0.8	2.3
	RCP45	2061-2080	1.0	1.5	3.0	1.5	1.9	4.0	0.5	1.2	2.0	1.1	1.5	2.8	0.8	1.2	3.3
	RCP45	2081-2100	1.6	1.8	2.5	1.7	2.3	3.2	0.8	1.4	2.0	2.0	2.1	2.2	1.4	1.8	2.8
	RCP85	2021-2040	0.5	0.6	1.7	0.4	0.5	2.3	0.2	0.7	0.8	0.5	0.8	1.5	0.5	0.5	2.3
	RCP85	2041-2060	1.4	1.7	2.5	1.2	1.9	3.2	0.9	1.6	1.8	1.4	1.6	2.0	1.7	1.8	2.8
	RCP85	2061-2080	2.3	2.7	3.7	3.0	3.3	4.6	1.4	2.3	2.6	2.1	2.3	2.9	2.8	2.9	4.6
	RCP85	2081-2100	3.4	4.0	5.3	4.0	4.5	6.0	2.5	3.9	4.0	3.4	3.9	5.2	3.6	3.7	6.1
Švihov		1981-2010		8.1			-0.9			8.0			17.1			8.2	
	RCP45	2021-2040	0.6	0.9	1.4	0.9	1.1	2.0	-0.2	0.7	1.4	0.7	1.0	1.0	0.9	1.1	1.4
	RCP45	2041-2060	0.9	1.1	2.4	0.6	1.2	2.9	0.7	1.0	1.9	1.4	1.4	2.3	0.8	0.8	2.3
	RCP45	2061-2080	1.1	1.5	3.1	1.5	1.9	4.0	0.6	1.3	2.0	1.2	1.7	2.9	0.9	1.3	3.3
	RCP45	2081-2100	1.6	1.9	2.6	1.8	2.2	3.2	0.9	1.5	2.1	2.0	2.2	2.3	1.5	1.9	2.8
	RCP85	2021-2040	0.5	0.6	1.8	0.5	0.5	2.3	0.3	0.7	0.8	0.6	0.9	1.6	0.5	0.7	2.3
	RCP85	2041-2060	1.5	1.8	2.5	1.3	1.9	3.2	1.0	1.7	2.0	1.7	1.7	2.0	1.8	1.9	2.8
	RCP85	2061-2080	2.4	2.7	3.7	3.1	3.3	4.5	1.5	2.4	2.7	2.1	2.5	2.9	2.8	2.9	4.6
	RCP85	2081-2100	3.4	4.1	5.3	4.0	4.4	5.8	2.5	4.0	4.0	3.4	4.3	5.4	3.6	3.7	5.9



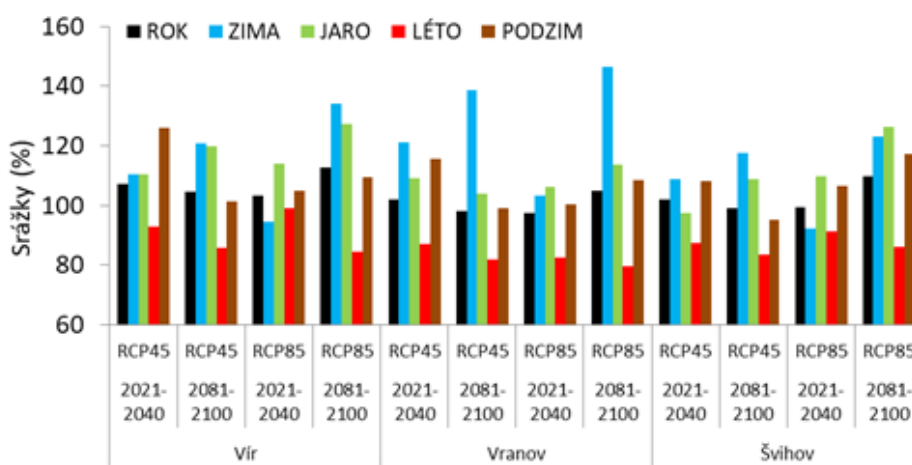
Obr. 75. Nejočekávanější rozdíl teploty vzduchu oproti dlouhodobému průměru pro 3 vodní nádrže predikované podle tří regionálních klimatických modelů (EUR44).

Srážky jsou velice variabilní a většinou převládá jejich kolísání nad trendem. Roční srážkové úhrny by se měly v průběhu 21. století zvolna zvyšovat, přičemž větší nárůst modely indikují u scénářů s vyššími koncentracemi skleníkových plynů a silnějším oteplováním. Tento závěr je poněkud překvapivý, neboť donedávna projekce změn srážek postavené na simulacích GCM, ale i starší generace RCM, předpokládaly spíše stagnaci ročních úhrnů s velkou mírou neurčitosti mezi jednotlivými modely. Některé modely počítaly s úbytkem, jiné s přírůstkem srážek, celkově však změna vyznívala neutrálně. Upozorňujeme proto, že tento nový poznatek (růst srážek v 21. století dle nejnovější generace simulací RCM) je stále předmětem diskuse vědecké obce a to nejen kvůli svému nesouladu s tím, co ve skutečnosti v posledních letech pozorujeme.

Pro naše tři vybrané nádrže se výsledky na rozdíl od teploty vzduchu už mírně liší (Tab. 21). Nejmenší změna srážek bude na nádrži Vranov, která je zároveň nejteplejší. To bude znamenat, že tendence k suchu tu bude ze všech nádrží největší. Opačná situace by měla být v okolí nádrže Vír, kde se očekává nárůst srážek do poloviny i konce století o 2 až 14 %. Zároveň je tato stanice nejchladnější, takže i riziko přírodních požárů by zde do budoucna mělo stoupat nejpomaleji. Mezi jednotlivými sezónami panuje značný rozdíl. Nejvyšší nárůst srážek má být v zimních měsících, naopak v létě se čeká celkem významný pokles (Obr. 76). To zatím neodpovídá pozorovanému klimatu, kdy srážky klesají hlavně v první polovině vegetační sezóny a naopak v létě rostou.

Tab. 21. Podíl srážek oproti dlouhodobému průměru pro 3 vodní nádrže predikované podle tří regionálních klimatických modelů (EUR44).

Nádrž	Scénář	Období	ROK			ZIMA			JARO			LÉTO			PODZIM		
			MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX
Vír		1981-2010		615.3			119.9			145.8			216.7			131.9	
	RCP45	2021-2040	1.03	1.07	1.18	1.03	1.11	1.26	1.02	1.10	1.17	0.88	0.93	1.14	1.21	1.26	1.26
	RCP45	2041-2060	0.99	1.02	1.07	1.06	1.08	1.15	1.03	1.10	1.30	0.84	0.86	0.94	0.98	1.14	1.18
	RCP45	2061-2080	1.01	1.02	1.07	1.06	1.10	1.22	1.05	1.16	1.19	0.81	0.86	0.87	1.12	1.17	1.18
	RCP45	2081-2100	0.94	1.04	1.20	1.18	1.21	1.25	0.96	1.20	1.26	0.78	0.86	1.15	0.95	1.01	1.21
	RCP85	2021-2040	0.93	1.03	1.06	0.88	0.95	1.21	0.92	1.14	1.16	0.88	0.99	1.02	0.94	1.05	1.05
	RCP85	2041-2060	1.00	1.11	1.14	1.08	1.12	1.19	1.01	1.11	1.30	0.89	1.03	1.10	1.08	1.11	1.19
	RCP85	2061-2080	1.02	1.14	1.34	1.17	1.34	1.37	0.95	1.11	1.52	0.95	0.95	1.38	1.05	1.10	1.28
	RCP85	2081-2100	1.02	1.13	1.20	1.22	1.34	1.62	1.04	1.27	1.41	0.83	0.84	0.95	1.01	1.09	1.27
Vranov	1981-2010		495.70			63.20			121.90			200.40			109.80		
RCP45	2021-2040	1.01	1.02	1.14	1.13	1.21	1.41	1.05	1.09	1.12	0.86	0.87	1.06	1.13	1.15	1.19	
RCP45	2041-2060	0.95	0.98	1.02	1.14	1.15	1.23	0.97	1.04	1.19	0.78	0.82	0.91	0.92	1.12	1.14	
RCP45	2061-2080	0.98	1.00	1.02	1.20	1.21	1.23	0.98	1.02	1.24	0.78	0.81	0.90	1.00	1.10	1.17	
RCP45	2081-2100	0.92	0.98	1.14	1.29	1.39	1.39	0.91	1.04	1.21	0.77	0.82	0.98	0.97	0.99	1.26	
RCP85	2021-2040	0.88	0.97	1.05	0.97	1.03	1.28	0.89	1.06	1.17	0.79	0.83	1.03	0.96	1.00	1.00	
RCP85	2041-2060	0.99	1.06	1.13	1.17	1.27	1.31	1.01	1.09	1.22	0.82	0.95	1.05	1.10	1.10	1.17	
RCP85	2061-2080	1.02	1.08	1.28	1.28	1.45	1.48	0.93	1.07	1.49	0.83	0.93	1.26	0.98	1.13	1.33	
RCP85	2081-2100	1.00	1.05	1.14	1.38	1.46	1.75	1.06	1.14	1.34	0.79	0.80	0.89	1.04	1.08	1.19	
Švihov	1981-2010		635.70			117.00			144.00			239.50			134.30		
RCP45	2021-2040	0.97	1.02	1.02	1.07	1.09	1.15	0.96	0.98	1.10	0.86	0.87	0.98	1.03	1.08	1.16	
RCP45	2041-2060	0.95	0.96	0.99	0.99	1.01	1.14	0.97	1.07	1.14	0.81	0.88	0.90	0.91	1.01	1.06	
RCP45	2061-2080	0.99	1.00	1.03	1.01	1.18	1.25	1.02	1.10	1.21	0.79	0.83	0.88	1.06	1.08	1.17	
RCP45	2081-2100	0.93	0.99	1.08	1.13	1.18	1.21	1.03	1.09	1.12	0.75	0.84	1.07	0.95	0.95	1.00	
RCP85	2021-2040	0.90	0.99	1.03	0.88	0.92	1.25	0.94	1.10	1.14	0.80	0.91	0.99	0.83	1.07	1.08	
RCP85	2041-2060	0.95	1.05	1.05	1.05	1.12	1.30	1.00	1.01	1.16	0.82	0.95	0.96	1.03	1.07	1.09	
RCP85	2061-2080	1.00	1.04	1.22	1.10	1.23	1.33	0.96	1.05	1.35	0.90	0.93	1.23	0.97	1.05	1.08	
RCP85	2081-2100	1.06	1.10	1.16	1.18	1.23	1.58	1.18	1.26	1.37	0.85	0.86	0.88	1.10	1.17	1.24	



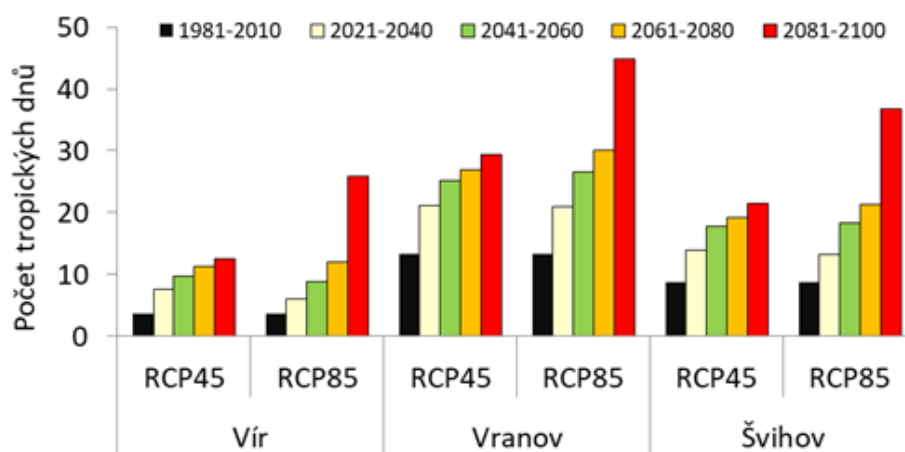
Obr. 76. Nejočekávanější procentuální rozdíl úhrnu srážek oproti dlouhodobému průměru pro 3 vodní nádrže predikované podle tří regionálních klimatických modelů (EUR44).

Důležitou charakteristikou pro riziko přírodních požárů nejen v okolí vodních nádrží jsou horké dny. Ty jsou definovány tak, že maximální denní teplota vzduchu dosáhne alespoň 30 °C. Tento den je odborně nazýván jako tropický. V současném klimatu jich je vždy jen pár za rok, ale to se v posledním desetiletí výrazně mění a jejich množství rapidně narůstá. S tímto trendem počítají i klimatické modely do budoucnosti. Ke konci století se má jejich množství ztrojnásobit až čtyřnásobit (Tab. 22). Na první pohled to vypadá nerealisticky, ale stejná situace se stala v letech 1961–2020. Nejvíce těchto dnů má být v okolí nádrže Vranov (Obr. 77). Do poloviny století okolo 27 až 30 oproti současným 13 dnům. Ke konci století pak mezi 30 až 45 dny podle emisního scénáře. Nejméně těchto dnů je v současnosti v okolí

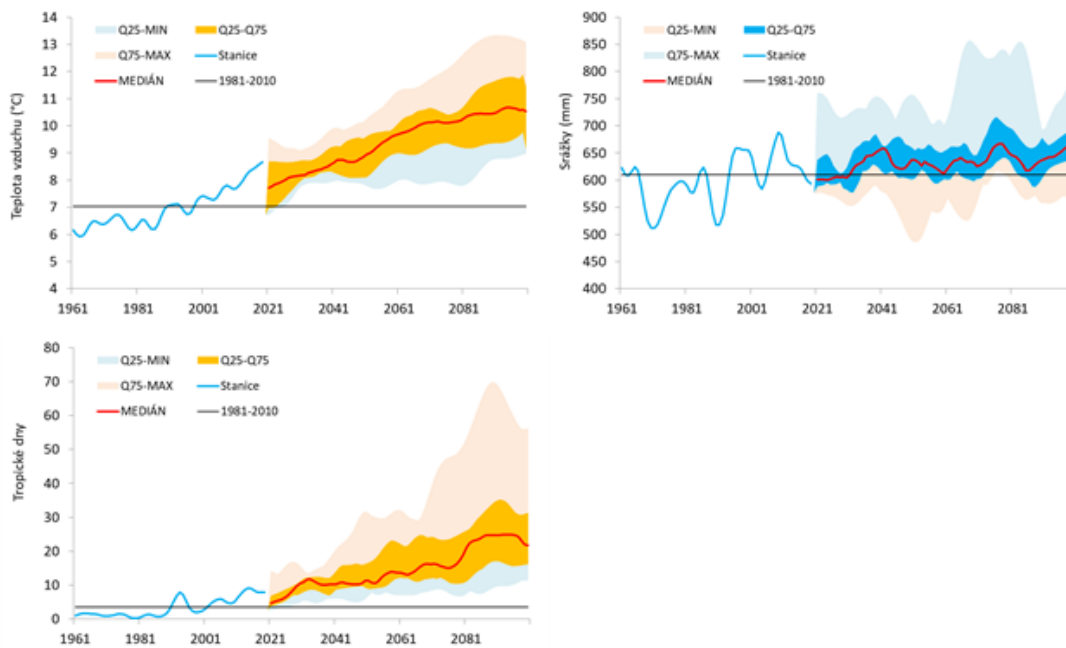
nádrže Vír a také v budoucnosti jich bude nejméně z námi zkoumaných oblastí. V polovině století jich bude třikrát více než v současné době, tedy okolo 12 dnů. Ke konci století už to může být v průměru od 13 do 26 dnů.

Tab. 22. Počet tropických dnů pro 3 vodní nádrže predikované podle tří regionálních klimatických modelů (EUR44).

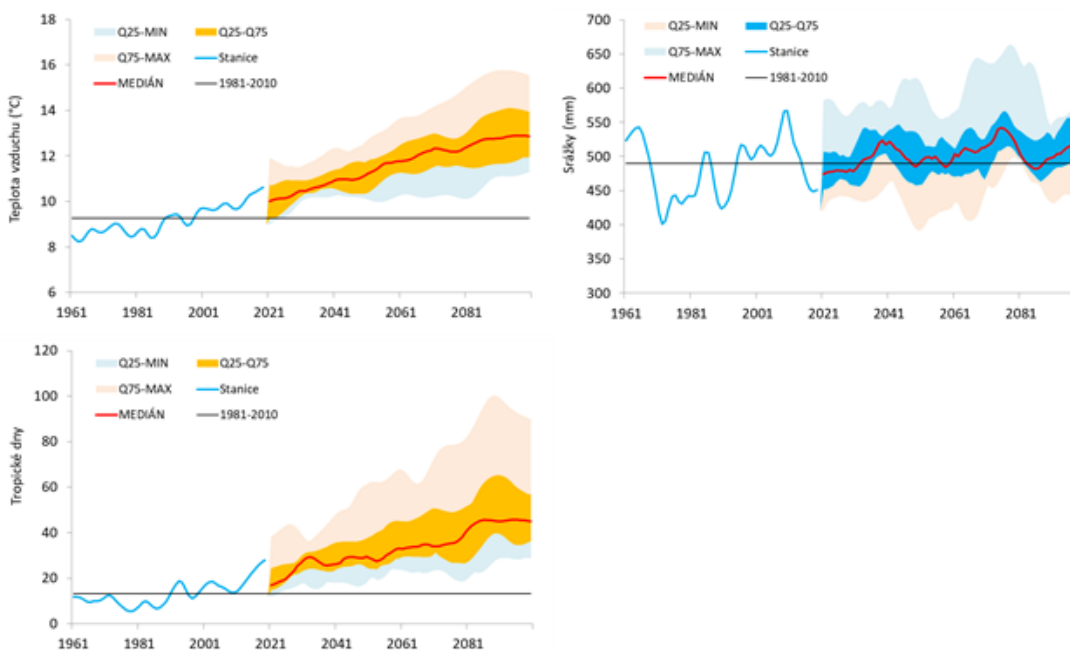
Nádrž	Scenář	Období	ROK			ZIMA			JARO			LÉTO			PODZIM		
			MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX
Vír		1981-2010		3.6			0.0			0.1			3.5			0.0	
	RCP45	2021-2040	6.1	7.7	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.5	6.0	6.8	0.5	1.1	1.7
	RCP45	2041-2060	9.2	9.8	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	8.6	9.5	1.0	1.2	1.8
	RCP45	2061-2080	9.3	11.4	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	8.2	10.5	11.1	0.7	0.9	1.7
	RCP45	2081-2100	9.2	12.6	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	8.3	10.2	13.4	0.7	1.5	2.2
	RCP85	2021-2040	4.6	6.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.6	5.4	6.3	0.0	0.3	0.6
	RCP85	2041-2060	8.4	8.9	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	7.1	7.5	8.4	1.3	1.4	1.9
	RCP85	2061-2080	10.7	12.0	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	9.2	9.3	12.9	1.4	1.8	2.7
RCP85	2081-2100	21.1	25.9	28.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	0.9	16.5	22.2	23.7	3.0	4.0	4.5	
Vranov		1981-2010		13.3			0.0			0.3			12.9			0.1	
	RCP45	2021-2040	19.0	21.1	21.8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.9	16.6	17.5	18.6	1.6	2.8	3.5
	RCP45	2041-2060	23.8	25.1	28.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.9	20.9	22.3	23.8	2.1	2.7	4.0
	RCP45	2061-2080	23.6	27.0	33.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7	1.6	19.9	23.4	28.9	2.1	3.0	3.7
	RCP45	2081-2100	26.4	29.5	31.1	0.0	0.0	0.0	0.7	1.3	1.6	22.1	24.9	25.6	2.9	3.2	4.7
	RCP85	2021-2040	16.6	20.9	21.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	15.5	17.8	18.8	0.9	1.7	3.0
	RCP85	2041-2060	23.0	26.5	27.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.8	19.8	21.7	22.1	2.9	4.0	5.0
	RCP85	2061-2080	30.0	30.2	30.6	0.0	0.0	0.0	0.7	0.8	1.5	23.1	24.1	25.3	4.1	5.4	6.0
RCP85	2081-2100	43.5	44.9	59.2	0.0	0.0	0.0	1.8	2.4	3.4	34.3	37.0	45.9	5.6	7.4	9.9	
Švihov		1981-2010		8.8			0.0			0.2			8.5			0.1	
	RCP45	2021-2040	12.7	13.9	16.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6	11.0	11.6	13.7	1.1	1.9	2.2
	RCP45	2041-2060	16.4	17.8	21.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.8	14.2	15.5	18.0	1.5	2.0	3.0
	RCP45	2061-2080	16.1	19.3	23.7	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	1.3	13.4	16.6	20.6	1.5	2.1	2.9
	RCP45	2081-2100	19.2	21.5	23.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.1	1.3	16.2	16.8	20.1	2.0	2.3	3.4
	RCP85	2021-2040	9.9	13.3	15.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.5	9.5	11.9	12.9	0.2	0.9	2.0
	RCP85	2041-2060	18.2	18.3	18.9	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.7	14.8	14.8	15.5	2.1	3.1	3.4
	RCP85	2061-2080	21.3	21.3	23.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	1.2	15.6	17.0	19.6	2.9	3.7	4.5
RCP85	2081-2100	32.1	36.7	47.6	0.0	0.0	0.0	1.5	2.3	3.3	25.1	29.8	36.7	4.7	5.6	7.6	



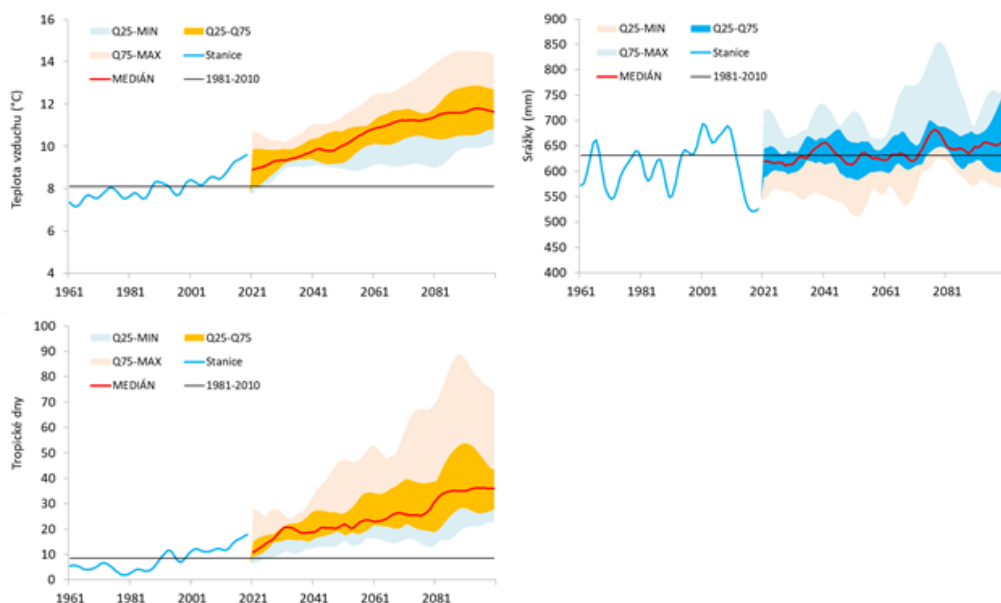
Obr. 77. Nejočekávanější počet tropických dnů v okolí 3 vodní nádrží predikované podle tří regionálních klimatických modelů (EUR44).



Obr. 78. Vývoj teploty vzduchu (vlevo nahoře), srážek (vpravo nahoře) a počtu tropických dnů (vlevo dole) v okolí nádrže Vír v letech 1961 až 2100 podle 3 regionálních klimatických modelů (EUR44) a 3 globálních klimatických modelů (CMIP5) podle emisního scénáře RCP 4.5 a 8.5.



Obr. 79. Vývoj teploty vzduchu (vlevo nahoře), srážek (vpravo nahoře) a počtu tropických dnů (vlevo dole) v okolí nádrže Vranov v letech 1961 až 2100 podle 3 regionálních klimatických modelů (EUR44) a 3 globálních klimatických modelů (CMIP5) podle emisního scénáře RCP 4.5 a 8.5.



Obr. 80. Vývoj teploty vzduchu (vlevo nahoře), srážek (vpravo nahoře) a počtu tropických dnů (vlevo dole) v okolí nádrže Švihov v letech 1961 až 2100 podle 3 regionálních klimatických modelů (EUR44) a 3 globálních klimatických modelů (CMIP5) podle emisního scénáře RCP 4.5 a 8.5.

7.2 Očekávaný vývoj požárního počasí v období 2021–2080

K analýze budoucích klimatických podmínek jsme použili výstupů simulací globálních (GCM) i regionálních (RCM) modelů cirkulace atmosféry. V případě RCM se práce opírá o data EURO-CORDEX, (www.euro-cordex.net: poslední přístup 15. 9. 2021). Ta jsou založena na využití nejmodernějších RCM, pro které vnější podmínky určují modely globální cirkulace (GCM) ze souboru *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP5). V této studii jsme použili následujících pět párů GCM / RCM v prostorovém rozlišení 0,11° pro RCP4.5 (Clarke et al., 2007): EURO-CORDEX: CNRM-CM5 / ALADIN53, EC-EARTH / RACMO22E, EC-EARTH / RCA4, MOHC-HADGEM2-ES / RCA4 a MPI-ESM-LR / CCLM4.8.17. Jejich volba byla ovlivněna dostupností údajů EURO-CORDEX v době přípravy této metodiky a snahou zachytit různé RCM a jejich řídicí GCM. Všechny RCM simulace byly korigovány pomocí kvantilové korekce Štěpánek et al. (2016). Pro korekci zkreslení bylo použito celkem 212 meteorologických stanic s denními srážkami a 119 stanic v případě ostatních meteorologických prvků. Korekce byla založena na období 1981–2010.

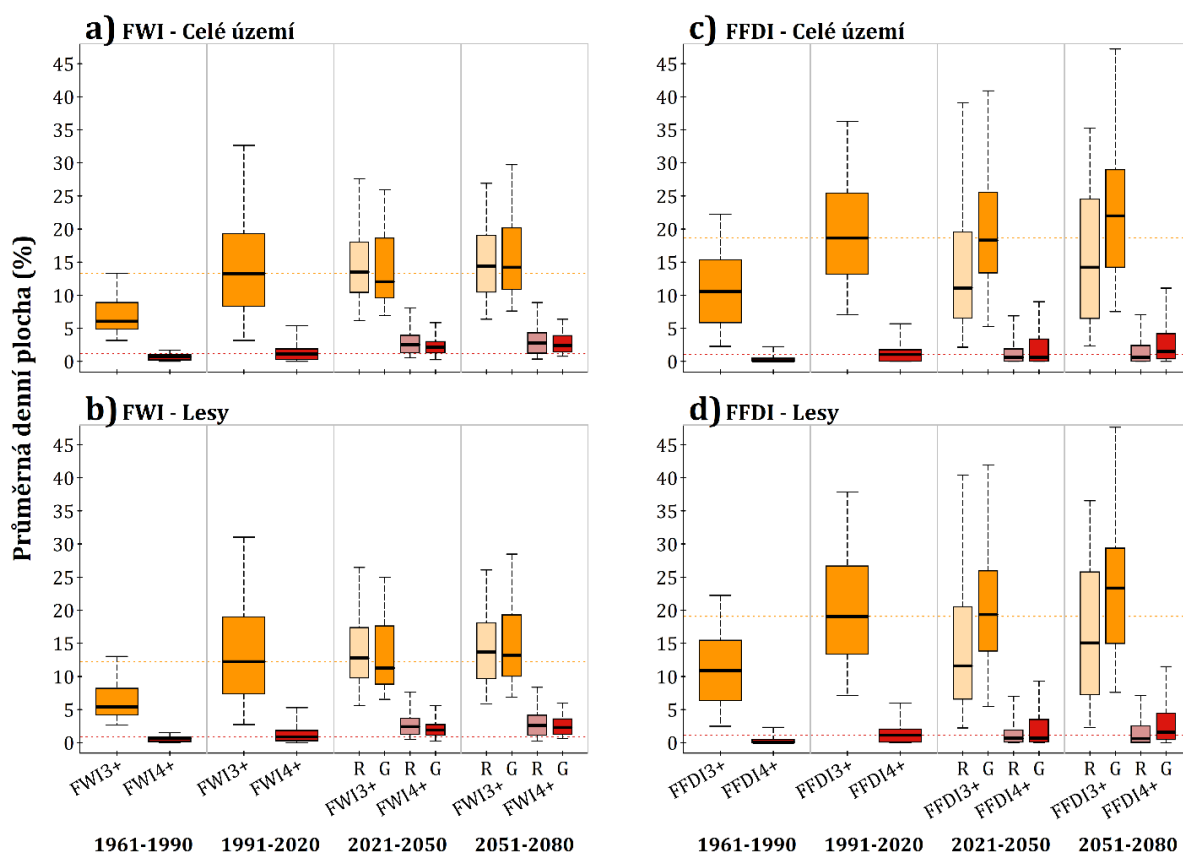
Kromě metody RCM byly současně využity i scénáře vývoje klimatu založené na pěti GCM metodou delta přístupu. Z GCM dostupných v rámci CMIP-5 byl k reprezentaci středního odhadu využit model IPSL z institutu Pierre Simone Laplace, Francie. K co nejlepšímu zachycení variability očekávaných změn srážek a teploty pak následující čtveřice modelů (BNU – Pekingská univerzita v Číně; MRI – Meteorologický výzkumný ústav, Japonsko; CNMR – Národní středisko pro meteorologický výzkum, Francie a HadGEM – Hadley Center Global Environment Model, UK). Tyto modely byly vybrány ze 40 klimatických modelů dostupných v databázi CMIP5 (Taylor et al., 2012) a to podle metodiky popsané Dubrovským et al. (2015). I v případě GCM modelů je použit RCP4.5 a klimatická citlivost odpovídající 3,0 °C nárůstu teploty při zdvojnásobení koncentrace CO₂ oproti kontrolnímu období, tj. 1961–2000. Odhady budoucího klimatu založené jak na RCM i GCM byly připraveny v rastru 500 x 500 m.

Jak FWI, tak FFDI jako indikátory požárního počasí ukazují, že se počet dní s vysokým rizikem požáru mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2020 podstatně zvýšil. Během 21. století rovněž očekáváme pokračování tohoto trendu, nicméně míra změny se liší v závislosti na poloze nádrže. Nádrž Vranov v nejteplejší a nejsušší části území vykazuje nejvýznamnější zvýšení počtu dní s požárně rizikovým průběhem

počasí a také VN Vír I s velmi podobnými výsledky. Naopak VN Švihov vykazuje nejméně výrazné zhoršení požárních poměrů. Je třeba však upozornit na citelné zvýšení počtu dní se zvláště vysokým rizikem a také především na to, že zvláště období 1991–2020 mělo výrazně horší průběh z pohledu sucha i nárůstu teplot než očekávaly jak globální, tak regionální klimatické modely. Pokud jako referenci vezmeme období 1961–1990 musíme konstatovat výrazné zvýšení počtu dní s rizikovým průběhem počasí i v případě VN Švihov.

7.2.1 Očekávaný vývoj požárního počasí v období 2021–2080 pro VN Švihov

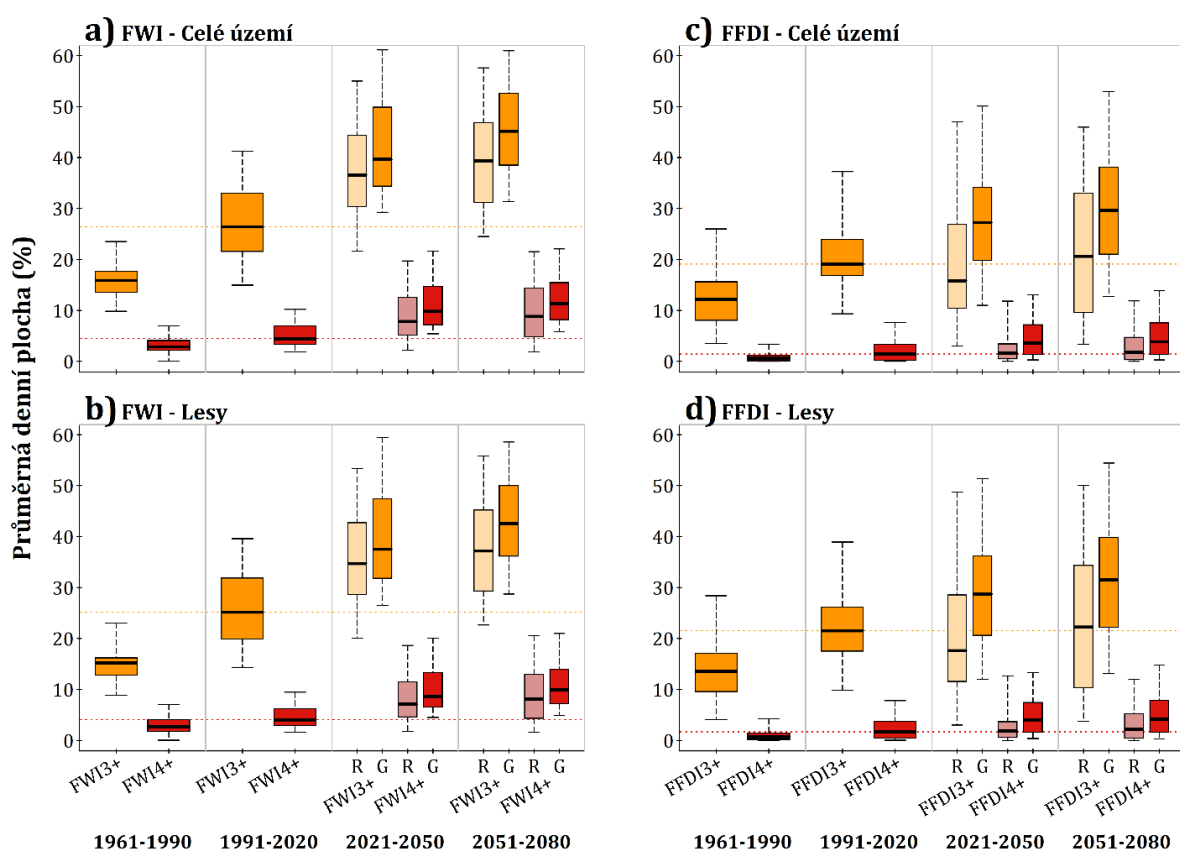
Nejzásadnější změna, kterou pozorujeme u VN Švihov, je patrná na datech mezi lety 1961–1990 a 1991–2020. Zde nárůst počtu dní s vysokým a velmi vysokým požárním rizikem vzrostl, jak v celém povodí nádrže, tak v lesních porostech a to na více než dvojnásobek, zatímco maximální rozsah na téměř trojnásobek. Oproti tomu, změna očekávaná v průběhu období 2021–2080 se jeví jako relativně málo významná, ale znepokojivý je nárůst průměrného i maximálního počtu dní s požárně velmi rizikovým průběhem počasí, jak dokládá Obr. 81. Dochází rovněž k častějšímu výskytu dní, kdy je vysokým a velmi vysokým rizikem zasaženo celé zkoumané povodí bez výjimky. V následujících dekádách tedy nelze čekat pokles požárního rizika, naopak je pravděpodobný jeho nárůst, a to zvláště v případě maximálních možných hodnot plochy zasažené požárně rizikovým počasím a délkou souvislých období s rizikovými hodnotami FWI a FFDI.



Obr. 81. Očekávaný vývoj požárně rizikového počasí pro VN Švihov. Krabicové grafy (střední, dolní a horní kvartily, 5. a 95. percentily) průměrné denní plochy s požárním počasím s vysokým (FWI3 +) a velmi vysokým (FWI4 +) rizikem výskytu požáru, jak je hodnoceno FWI pro celé území v okolí nádrže (a, c) a pro lesní porosty (b, d), a to pro indexy požárního počasí FWI (a, b) a FFDI (c, d). Grafy zachycují jednak odhad na základě pozorovaných dat (1961–1990 a 1991–2020) a dále odhad budoucího vývoje pro časové úseky 2021–2050 a 2051–2080 na základě GCM modelů (R – světlá barva) a GCM modelů (G – sytá barva). Tečkované čáry vymezují střední hodnoty pro každou oblast/kategorii v období 1991–2020.

7.2.2 Očekávaný vývoj požárního počasí v období 2021–2080 pro VN Víř I

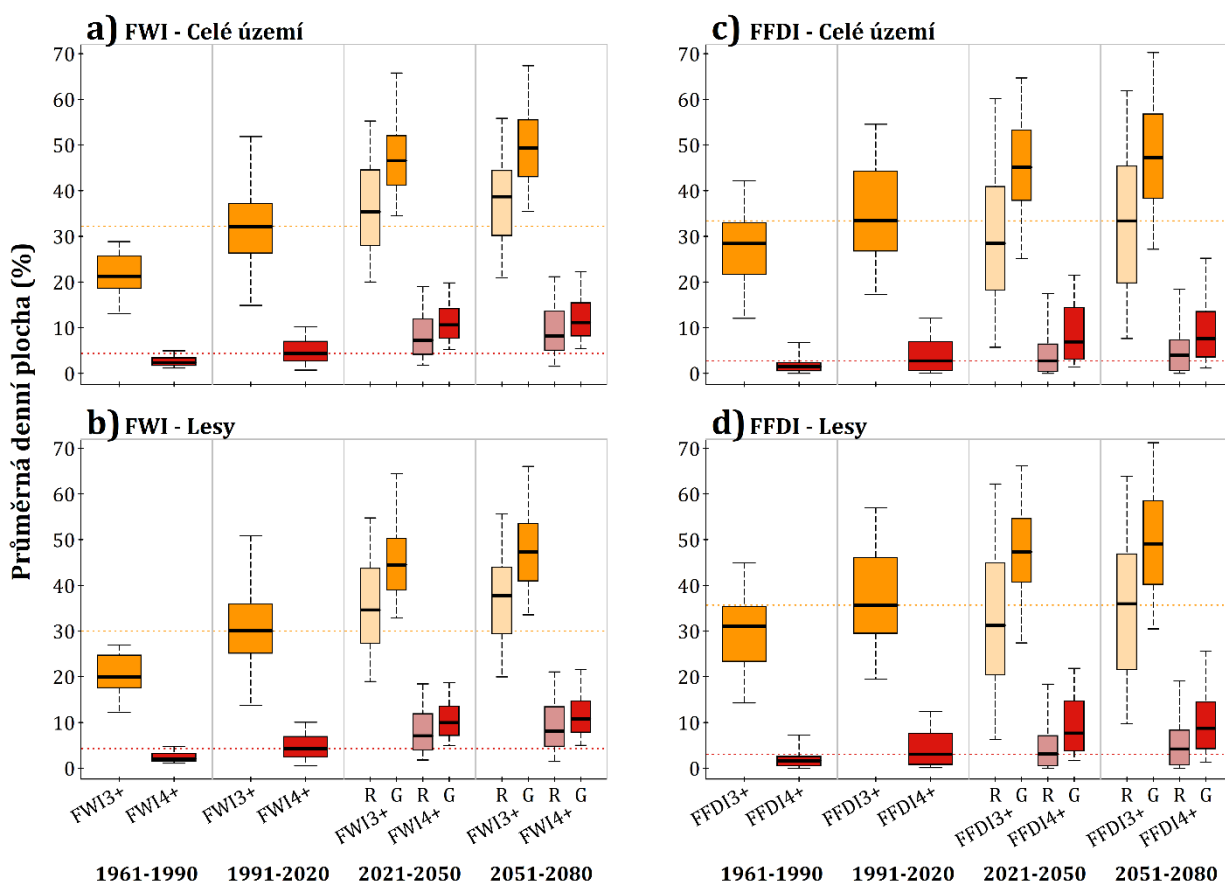
I v okolí v VN Víř I došlo k podstatnému zvýšení požárního rizika mezi lety 1991–2020 a nárůst počtu se týkal obou kategorií rizika (Obr. 82). Na rozdíl od VN Švihov však budoucí klima přinese pokračování a možná i zvýšení dynamiky tohoto nepříznivého trendu, zvláště v případě rozsahu území zasaženého velmi vysokým rizikem. Jedinou výjimku představují odhady založené na RCM modelech pro požární index FFDI (Obr. 82), nicméně i v tomto případě se zvyšují nejvyšší dosažené hodnoty. S ohledem na relativně vyšší lesnatost povodí jsou v případě Víř I. menší rozdíly mezi mírou rizika pro celé povodí nádrže a podmnožinu lesních porostů. Rozsah v počtu dní s vysokým a velmi vysokým požárním rizikem vzrůstá ve střední hodnotě o cca 50 % v případě vysokého požárního rizika a skoro o tři čtvrtiny v případě velmi vysokého rizika. Tyto změny jsou výrazné v obou budoucích časových úsecích tj. 2021–2050 i 2051–2080, a to jak v celém povodí nádrže, tak v lesních porostech. V případě GCM i RCM odhadů se pro index FWI objevují sezóny, kdy jsou vysokým požárním rizikem ohrožovány 3/5 území a velmi vysokým rizikem 1/5. I to je zásadní zvýšení rozsahu extrémních hodnot, které se vymyká rozsahům pozorovaným v období 1961–2020.



Obr. 82. Očekávaný vývoj požárně rizikového počasí pro VN Víř I. Krabicové grafy (střední, dolní a horní kvartily, 5. a 95. percentily) průměrné denní plochy s požárním počasím s vysokým (FWI3+) a velmi vysokým (FWI4+) rizikem výskytu požáru, jak je hodnoceno FWI pro celé území v okolí nádrže (a, c) a pro lesní porosty (b, d), a to pro indexy požárního počasí FWI (a, b) a FFDI (c, d). Grafy zachycují jednak odhad na základě pozorovaných dat (1961–1990 a 1991–2020) a dále odhad budoucího vývoje pro časové úseky 2021–2050 a 2051–2080 na základě GCM modelů (R – světlá barva) a GCM modelů (G – sytá barva). Tečkované čáry vymezují střední hodnoty pro každou oblast/kategorii v období 1991–2020.

7.2.3 Očekávaný vývoj požárního počasí v období 2021–2080 pro VN Vranov

Vodní nádrž Vranov má obecně nejvyšší plochu území ohroženou výskytem přírodních požárů, a to v obou obdobích, pro které jsou k dispozici pozorovaná klimatická data (1961–1990 a 1991–2020). Plocha území zasažená situacemi s vysokým a velmi vysokým rizikem výskytu požárů se evidentně zvětšila v průběhu posledních 60–ti let (Obr. 83) a i v budoucím klimatu bude mít povodí VN Vranov ze všech nádrží nejvyšší podíl území rizikových meteorologických situací. V nejhorsím možném scénáři by mohlo být vysokým rizikem zasaženo téměř 70 % povodí, a to v průměru. Nicméně vyjádřeno relativně, jsou nárůsty v případě VN Vranov menší než v případě VN Vír, která začínala zejména v období 1961–1990 z výrazně méně rizikových hodnot. Změny jsou tedy opět výrazné v obou budoucích časových úsecích tj. 2021–2050 i 2051–2080, a to jak v celém povodí nádrže, tak v lesních porostech. V případě kombinace RCM odhadů s indexem FFDI vidíme sice naději na mírné snížení středních hodnot v ploše zasažené počasím s vysokým požárním rizikem, ale rozsah ploch s velmi vysokým rizikem se ani v tomto nejpříznivějším případě nesnižuje, právě naopak. Opět lze očekávat zvýšení rozsahu extrémních hodnot, které se vymykají rozsahům pozorovaným v období 1961–2020.



Obr. 83. Očekávaný vývoj požárně rizikového počasí pro VN Vranov. Krabicové grafy (střední, dolní a horní kvartily, 5. a 95. percentily) průměrné denní plochy s požárním počasím s vysokým (FWI3+) a velmi vysokým (FWI4+) rizikem výskytu požáru, jak je hodnoceno FWI pro celé území v okolí nádrže (a, c) a pro lesní porosty (b, d), a to pro indexy požárního počasí FWI (a, b) a FFDI (c, d). Grafy zachycují jednak odhad na základě pozorovaných dat (1961–1990 a 1991–2020) a dále odhad budoucího vývoje pro časové úseky 2021–2050 a 2051–2080 na základě GCM modelů (R – světlá barva) a GCM modelů (G – sytá barva). Tečkované čáry vymezují střední hodnoty pro každou oblast/kategorii v období 1991–2020.

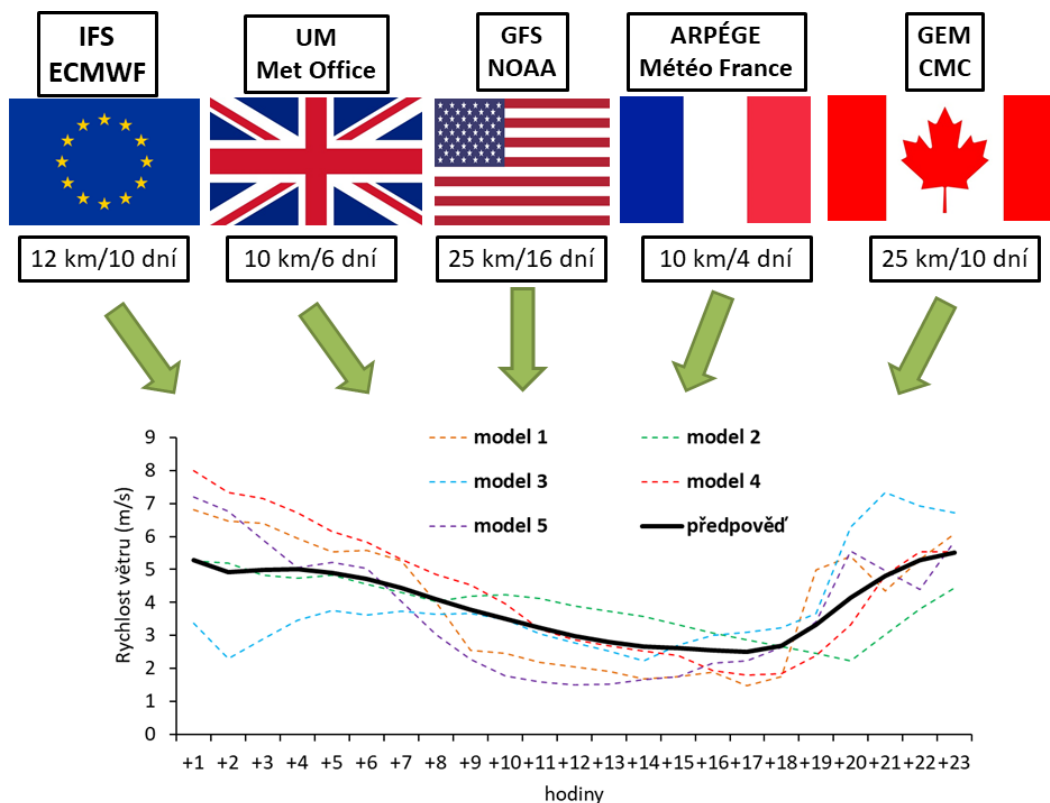
8. MONITORING A PŘEDPOVĚĎ RIZIKA LESNÍCH POŽÁRŮ JAKO NÁSTROJ PRO OPERATIVNÍ REDUKCI MÍRY RIZIKA

8.1 Krátkodobé a střednědobé numerické předpovědi požárního počasí

Předpovědi počasí podle více numerických modelů se mohou i na nejbližší hodiny značně lišit. Je to dáno velkou nejistotou a náchylností i na malou chybu v celém systému. Proto se v současné meteorologii již nespolehá pouze na výstup jednoho konkrétního modelu, ale hledá se cesta komplexní, která je postavena na bázi vhodné kombinace více numerických předpovědních modelů. Každý z nich má svoji systematickou chybu (např. přeceňuje konvektivní srážky či podhodnocuje maximální teploty během horké vlny). Jednoduše řečeno, každý model má své silné a slabé stránky. Snahou je tyto silné stránky každého modelu vyzdvihnout a tím potlačit systematické chyby. Díky nastavené vhodné kombinaci více modelů dochází k celkovému snížení chyby v řádu několika procent (v závislosti na veličině). Druhou obrovskou výhodou kombinace více modelů je získání velikosti nejistoty, která v předpovědi na další období vzniká. Pokud se modely shodují, tak uživatel ví, že předpověď je jistá a lze na ni spoléhat. Naopak při větším rozdílu modelů získává uživatel informaci, že může očekávat změnu ve výhledu počasí a podle toho i jinak zajistit případné opatření.

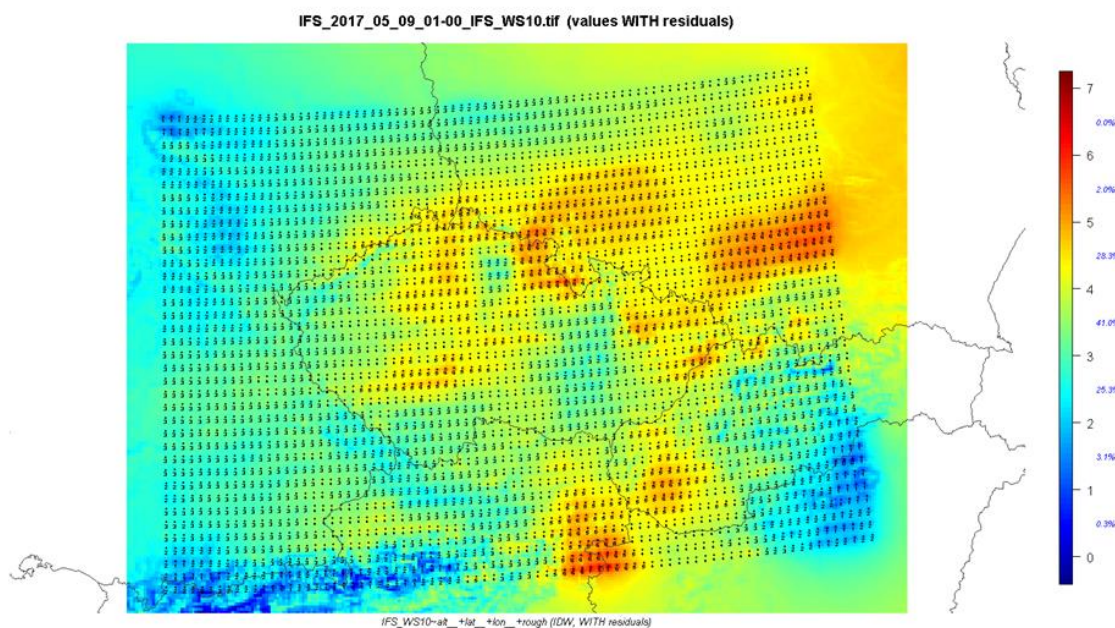
Pro předpověď počasí se využívají dva druhy modelů. První je globální, který popisuje počasí na celém světě, takže z podstaty náročnosti výpočtu, je v hrubším rozlišení. Naopak má výhodu, že jeho předpověď je na delší období (typicky maximálně na 16 dnů). Druhým typem modelů jsou regionální, které předpovídají jen na vybraný region jako je například stát a jeho nejbližší okolí. Tyto modely mají výhodu, že mají vysoké rozlišení, dokáží lépe vystihnout reliéf daného území. Nevýhodou je, že jejich předpovědi jsou většinou krátké (např. jen na 3 dny dopředu).

Vzhledem k nutnosti pracovat v předpovědi požárního rizika s delšími časovými horizonty, tak využíváme globální verze modelů. Nejlepší prostorové rozlišení má v našem výběru (Obr. 84) francouzský model Arpege (10 km), ale jeho předpověď je k dispozici pouze na 4 dny dopředu. Naopak nejhrubší prostorové rozlišení poskytuje americký model GFS a kanadský GEM (25 km), ale na druhé straně dávají nejdelší předpovědi. Např. model GFS předpovídá počasí až na 16 dní dopředu. Jako nejlepší model z pohledu kombinace délky předpovědi a rozlišení je IFS z Evropského centra pro střednědobou předpověď.



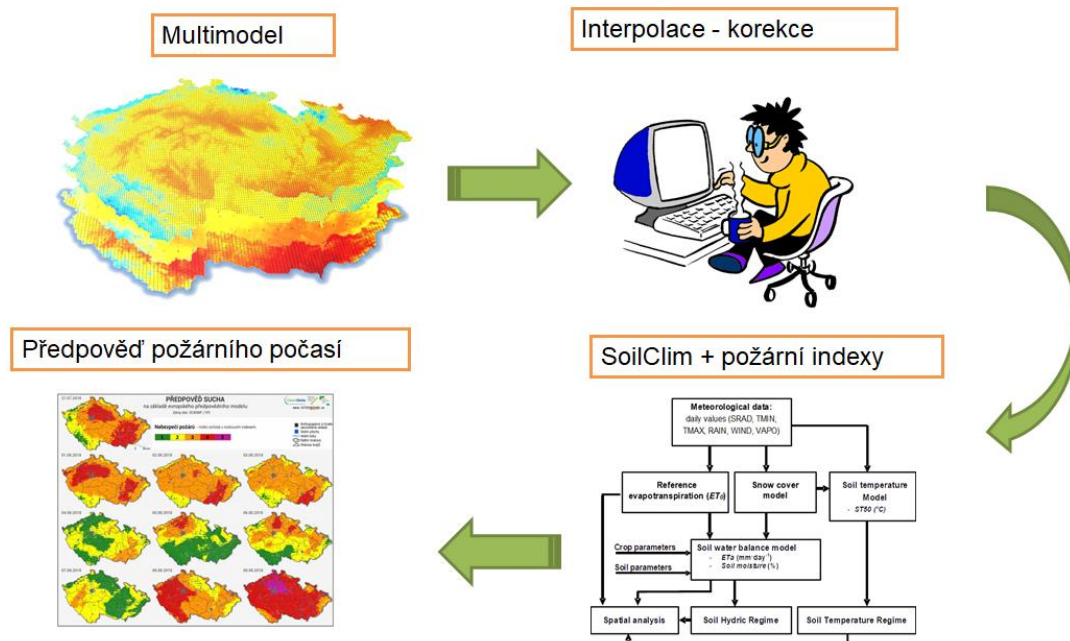
Obr. 84. Schéma použitých numerických předpovědních modelů v aplikaci www.firerisk.cz.

Aby bylo možné modely použít i pro lokální předpovědi počasí, což je nutné při správné predikci požárního rizika všech tří nádrží, tak je jejich hrubší rozlišení pomocí interpolačních metod přepočítáno do rozlišení půl kilometru (Obr. 85). K interpolaci je používána metoda regresního krigingu s prediktory jako je reliéf, sklonitost, svažitost, drsnost terénu atd. Díky tomu je pak možné pro jakýkoliv bod v České republice produkovat detailní předpověď, která reflektuje místní specifika. Pro detailní předpověď všech tří nádrží lze také pracovat s jemnějším terénem například 100 m.



Obr. 85. Interpolovaná rychlost větru z modelu IFS ECMWF pro 9. 5. 2017 v 1 hodinu.

Takto vzniklé rastry s počasím (teplota vzduchu, srážky, vlhkost vzduchu, rychlost vzduchu, radiace) ve vysokém rozlišení vstupují poté do software SoilClim v.2, který počítá nejen půdní vlhkost, ale zároveň již finální indexy požárního rizika (Obr. 86).

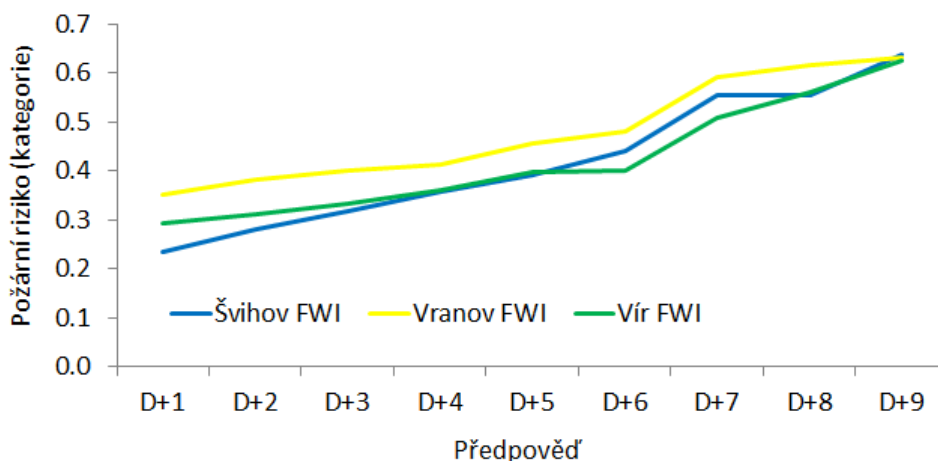


Obr. 86. Schéma výpočtu předpovědi požárního rizika.

8.2 Spolehlivost operativní předpovědi rizika přírodních požárů ansámblem numerických předpovědních modelů

Spolehlivost předpovědi byla na rozdíl od předchozí metodiky nyní zaměřena výhradně na oblast tří vodních nádrží Švihov, Vranov a Vír. Pro každé místo totiž může být předpověď jinak spolehlivá a také se mohou ukázat rozdíly mezi jednotlivými použitými požárními indexy. Jako numericky předpovědní model byl zvolen IFS ECMWF, který nám dlouhodobě dává nejlepší a stabilní výsledky. Z předešlých zjištění vychází, že až tak zásadní rozdíly v predikci požárního rizika mezi numerickými předpovědními modely z dlouhodobého hlediska nejsou a liší spíše v jednotlivých dnech, kdy lépe postihují nejistotu dané předpovědi.

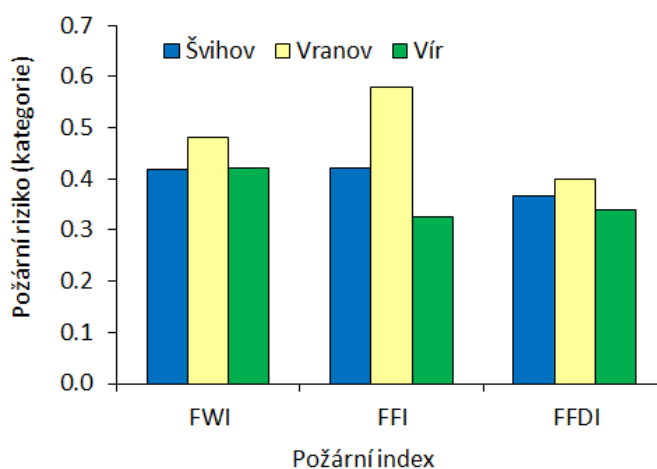
Předpověď byla hodnocena svou kvalitou až na 9 dnů dopředu. Jako časový úsek byl zvolen rok 2021. Z této analýzy vyplývá, že pro všechny nádrže i indexy klesá úspěšnost předpovědi s její délkou, i když pokles není dramatický (Obr. 87). Předpověď na následující den v případě indexu FWI má průměrnou chybu pro všechny vodní nádrže 0,29 kategorie z 5 maximálně možných, tedy zhruba 6 %. Na třetí den je rozdíl malý a to 0,35 (7 %) a na devátý poslední den 0,63 (12,6 %).



Obr. 87. Chyba předpovědi požárního rizika (kategorie) indexu FWI pro jednotlivé vodní nádrže až na 9 dnů dopředu v roce 2021.

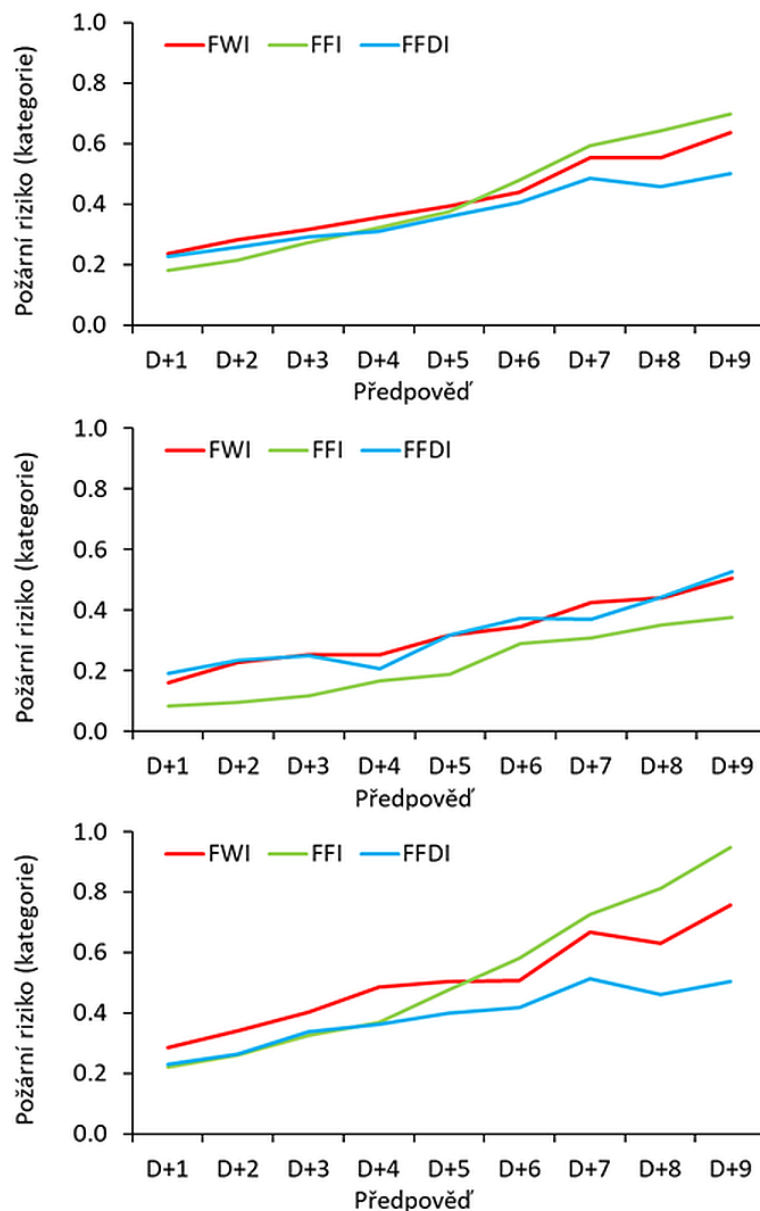
Nejmenší průměrnou chybu skrz všechny vodní nádrže má požární index FFDI (7,4 %), který je nejméně ovlivněn rychlostí větru, u kterého jsou asi nejčastější rozdíly mezi měřením a numerickým předpovědním modelem. Další dva indexy vykazují podobnou chybovost (8,8 %).

Při porovnání jednotlivých nádrží tak nejmenší průměrná úspěšnost předpovědi požárního rizika (všechny indexy) je pro vodní nádrž Vranov (9,8 %). Naopak nejpřesnější výsledky jsou pro nádrž Vír (7,2 %). Předpovědi pro vodní nádrž Švihov mají průměrnou přesnost skrz všechny dny (D1 až D9) a požární indexy okolo 8 % (Obr. 88).



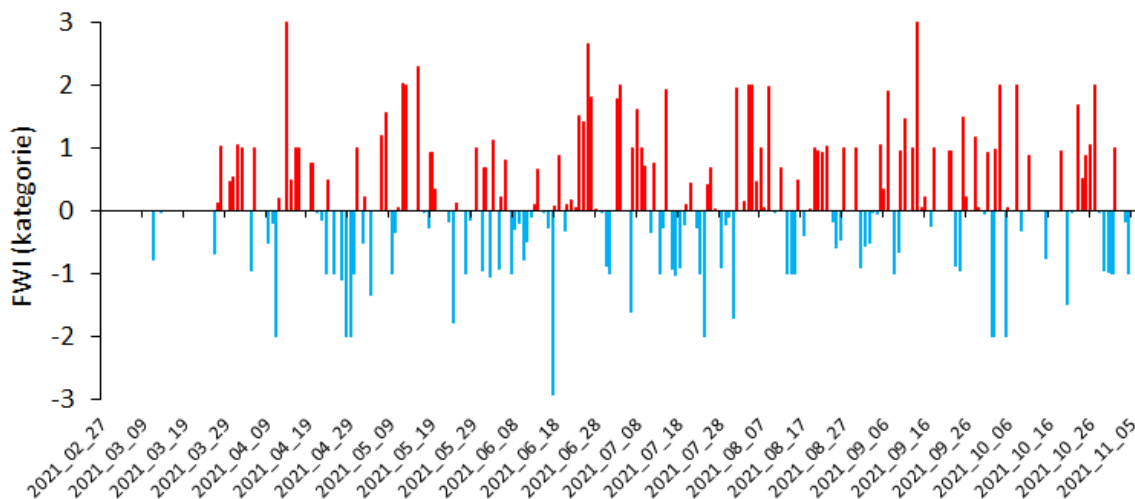
Obr. 88. Chyba předpovědi požárního rizika (kategorie) jednotlivých indexů na jednotlivých nádržích vyjádřená jako průměr na první až devátý den dopředu.

Předpověď požárního rizika je ovlivněna také částí roku. V zimě je riziko nejmenší a většinou hodně stabilní, proto je chyba menší. Naopak největší je během letních měsíců, kdy tam stoupá velká nejistota spjatá hlavně s bouřkovou činností a tedy nejistota ve výskytu srážek a i vyšších rychlostí větru. Na příkladu vodní nádrže Švihov lze vidět (Obr. 89.), že průměrná chyba pro únor až listopad je podle indexu FWI 0,42 kategorie (8,4 %), pro jarní část (březen – květen) je to jen 0,32 (6,4 %) a v letních měsících naopak až 0,51 (10,2 %). Zajímavé jsou rozdíly v rámci sezón i u jednotlivých indexů. Například FFI dává nejlepší výsledky v jarních měsících, ale v létě se výrazně zhoršuje jeho kvalita při předpovědi na 4+ dny.

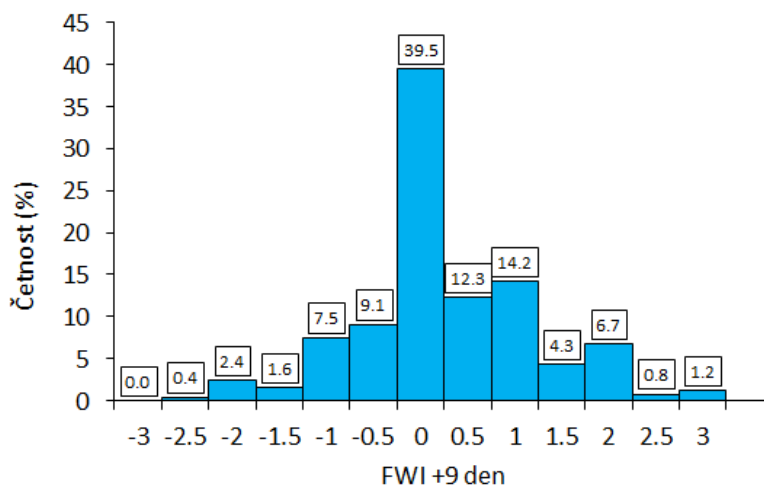


Obr. 89. Chyba předpovědi požárního rizika (kategorie) jednotlivých indexů na vodní nádrži Švihov na 9 dnů dopředu pro jednotlivé části roku, vrchní obrázek reprezentuje únor až listopad, střední březen až květen a spodní červen až srpen.

Na příkladu vodní nádrže Švihov a požárního indexu FWI lze ukázat jaká je spolehlivost střednědobé předpovědi na 9 dnů dopředu podle modelu IFS ECMWF (Obr. 90). Z analýzy vyplývá, že 39,5 % předpovědí mělo 100 % úspěšnost a tím pádem se model perfektně trefil (Obr. 91). Druhým jednoznačným výsledkem je, že v momentu rozdílu od skutečnosti tak většinou model čekal horší riziko, než bylo ve skutečnosti (39,5 %). Z toho 26,5 % případů bylo nadhodnocení do 1 kategorie (např. Místo středního rizika bylo pouze nízké atd.)



Obr. 90. Rozdíl předpovědi FWI indexu na 9 dnů dopředu oproti skutečnému stavu v jednotlivých dnech na vodní nádrži Švihov v roce 2021.



Obr. 91. Histogram rozdílu předpovědi indexu FWI na 9 dnů dopředu oproti skutečnému stavu na vodní nádrži Švihov v roce 2021.

8.3 Začlenění pilotních lokalit do portálu firerisk.cz

Na portál firerisk.cz, který se zaměřuje na prognózy, indikaci rizik a prevenci přírodních požárů, byla přidána další funkce. V menu se nachází oddíl Předpověď rizika pro vodárenské nádrže (Obr. 92). V této části je zveřejňována každý den detailní předpověď požárního rizika podle předpovědního modelu IFS pro vodní nádrž Švihov, Vír a Vranov. Předpověď je zpracována s výhledem na 9 dní dopředu.

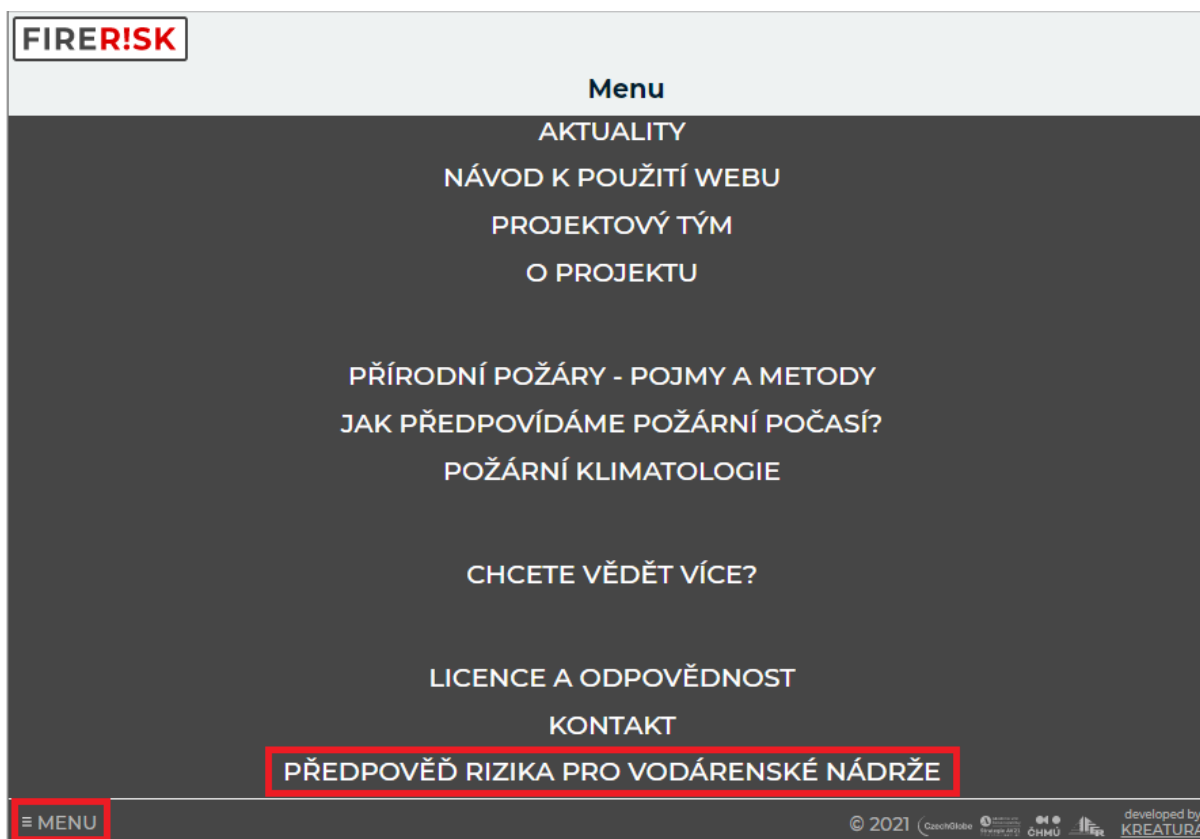
Obr. 93, Obr. 94, Obr. 95 a Obr. 96 představují zmiňovaný pohled na sledované okolí vodních nádrží. Pod každou mapou je procentuálně vyjádřen podíl plochy zasažený příslušným stupněm požárního rizika.

Podrobněji o portálu firerisk.cz v kapitole 9.

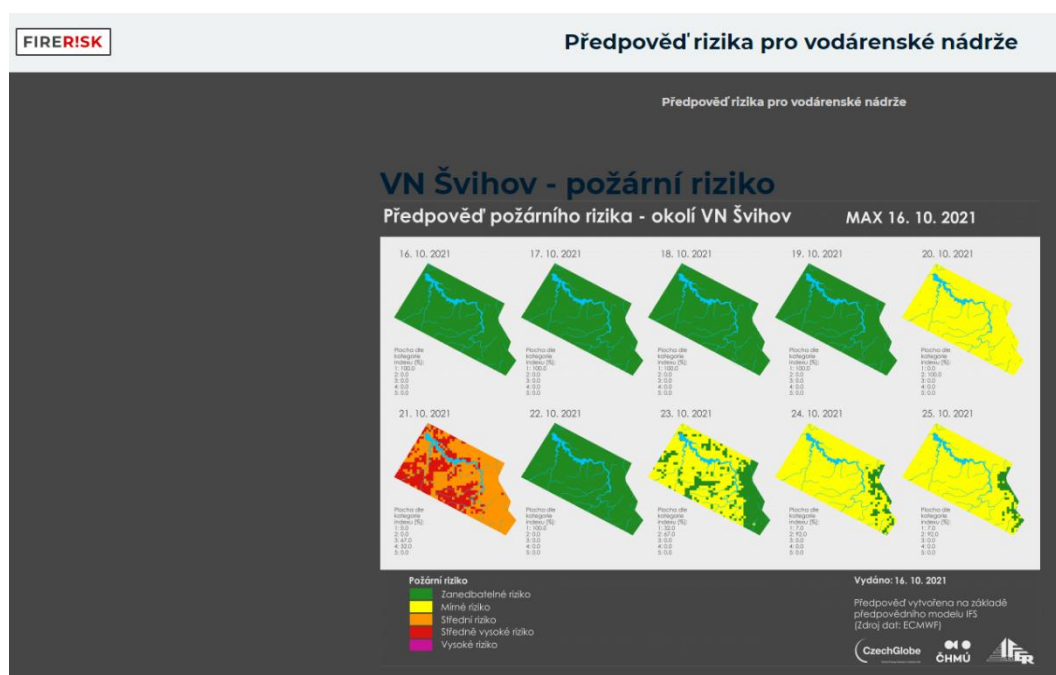
Zmíněné obrázky ukazují pro okolí vybraných vodních nádrží předpověď maximálního požárního rizika (kombinace požárních indexů FFDI a FWI). Předpověď je založena na modelu IFS.

Pro okolí vodních nádrží není výsledek výpočtu agregován na úroveň katastrálních území, ale zůstává v podobě gridu s rozlišením 500 x 500 m, pro vyšší detail. Pro každou hodinu počítají požární indexy

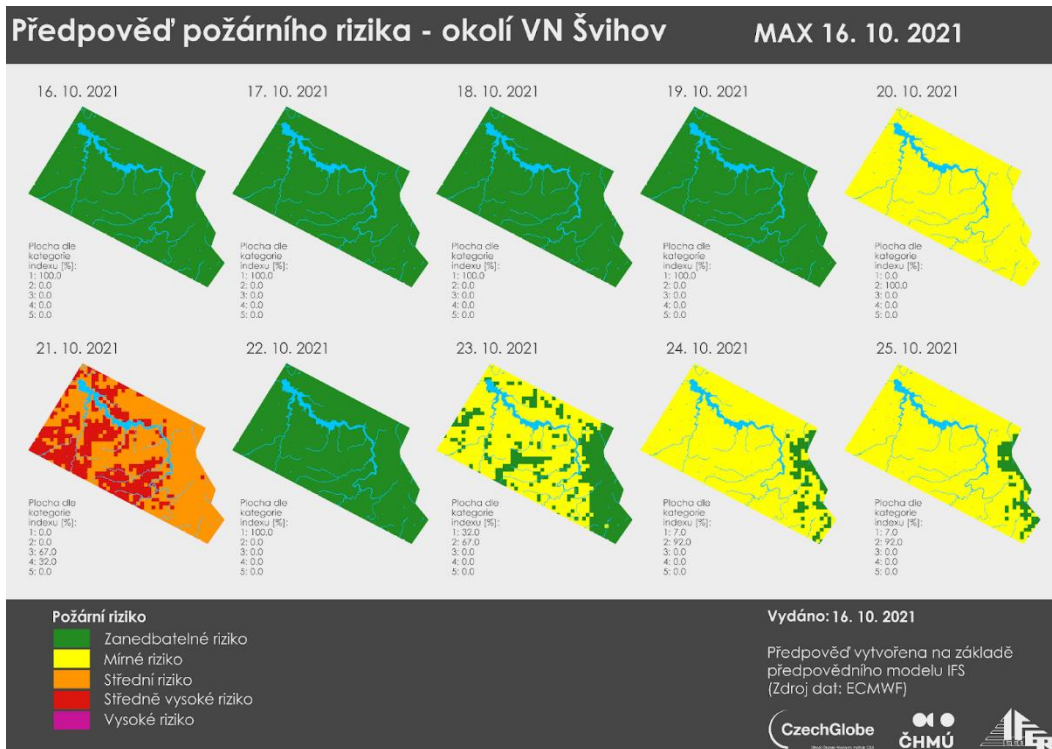
FWI a FFDI. Z těchto hodinových výsledků je vybrán výsledek s nejvyšším požárním rizikem a následně je zobrazen v denním kroku.



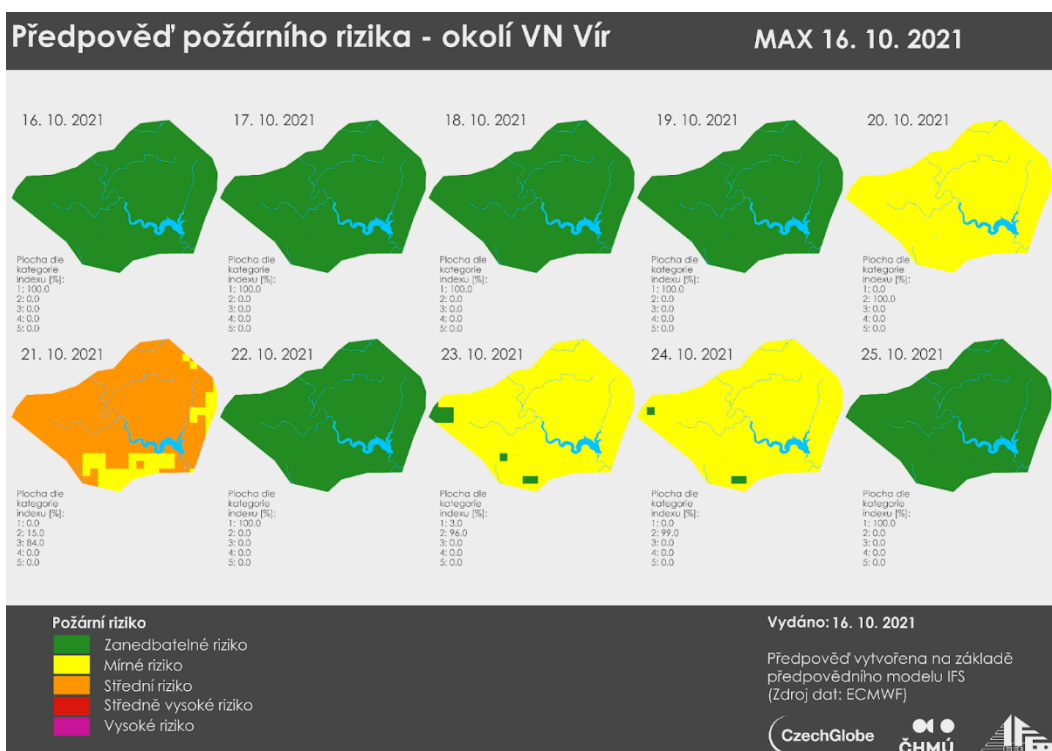
Obr. 92. Oddíl požárního rizika pro okolí vodních nádrží v hlavní nabídce portálu www.firerisk.cz.



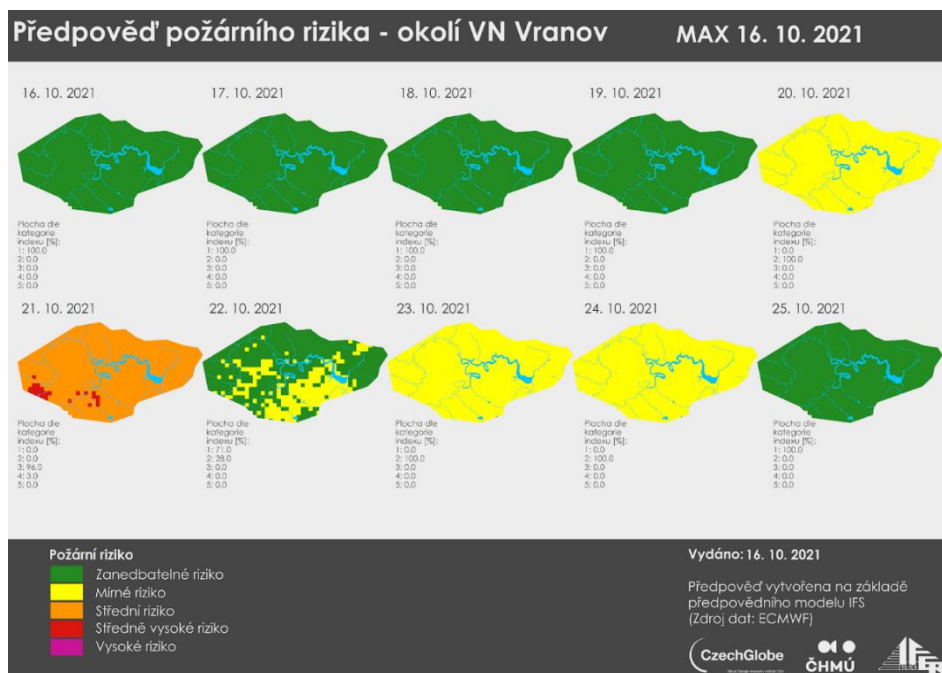
Obr. 93. Ukázka detailu předpovědi pro okolí vodních nádrží na portálu www.firerisk.cz pro 16. 12. 2021.



Obr. 94. Detailní pohled na předpověď maximálního požárního rizika pro VN Švihov k 16. 10. 2021.



Obr. 95. Detailní pohled na předpověď maximálního požárního rizika pro VN Vír k 16. 10. 2021.

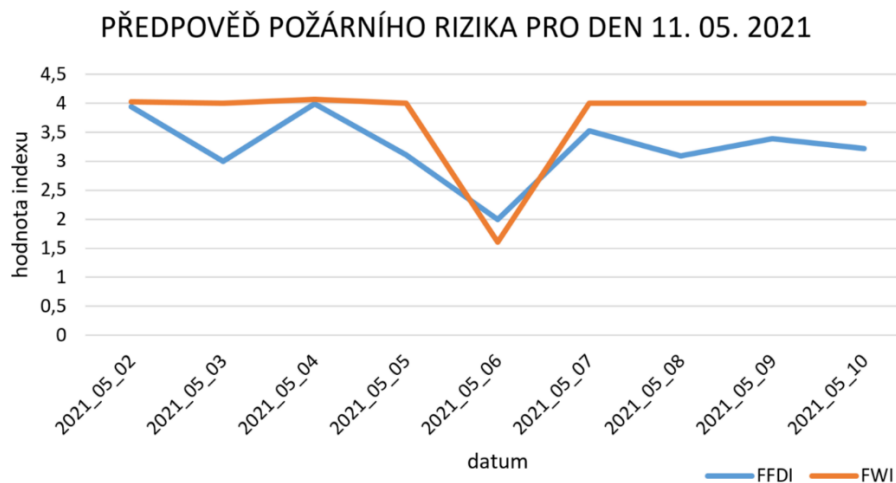


Obr. 96. Detailní pohled na předpověď maximálního požárního rizika pro VN Vranov k 16. 10. 2021.

8.4 Příklad konkrétní situace zvýšeného požárního rizika

Jedno z nejvyšších požárních rizik v roce 2021 nastalo dle požárních indexů v květnu. Jako kritický den, kdy indexy predikovaly nejvyšší hodnoty (tedy nejvyšší požární riziko), bylo u obou indexů FFDI a FWI 11. května (podrobněji o požárních indexech FWI a FFDI v kapitole 6).

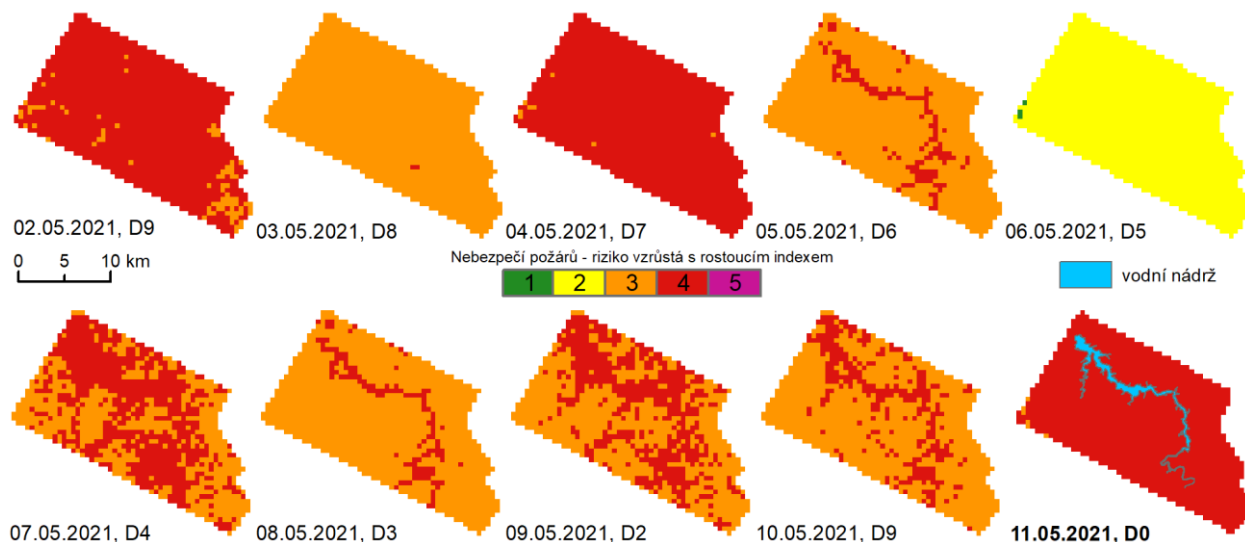
V tento den bylo na základě reálně naměřených dat určeno požární riziko 4. stupně (z 5-ti členné škály, kdy 5 je nejvyšší riziko a 1 nejnižší). Obr. 97 ukazuje, jak na základě předpovědního modelu IFS bylo predikováno požární riziko dvěma požárními indexy, a to FFDI a FWI pro den 11. 05. 2021 od 02. 05. 2021 (tedy 9 dnů zpětně). Oba modely spolu korelují s tím, že FWI predikuje tento termín pro území okolí Švihova přesněji než druhý požární index. Oba indexy zaznamenávají 06. 05. 2021 propad v předpovědi požárního indexu pro den 11. 05. 2021. Tato situace byla způsobena větrem, kdy předpovědní model předpokládal pro den 11. 05. 2021 slabší vítr okolo 1,5 m/s. V dalším dnu byla predikována rychlost okolo 5,5 m/s.



Obr. 97. Numerické zobrazení hodnot předpovídaných indexů pro den 11. 05. 2021 v okolí vodní nádrže Švihov.

Prostorová předpověď požárních indexů 9 dnů zpětně pro den 11. 05. 2021 je zobrazena na Obr. 98 a Obr. 99. Index FFDI predikoval pro většinu dní nižší požární riziko, než které skutečně nastalo (zobrazeno v pravé dolní části Obr. 98, D0). Tento index predikoval v předchozích dnech riziko převážně ve stupni 3.

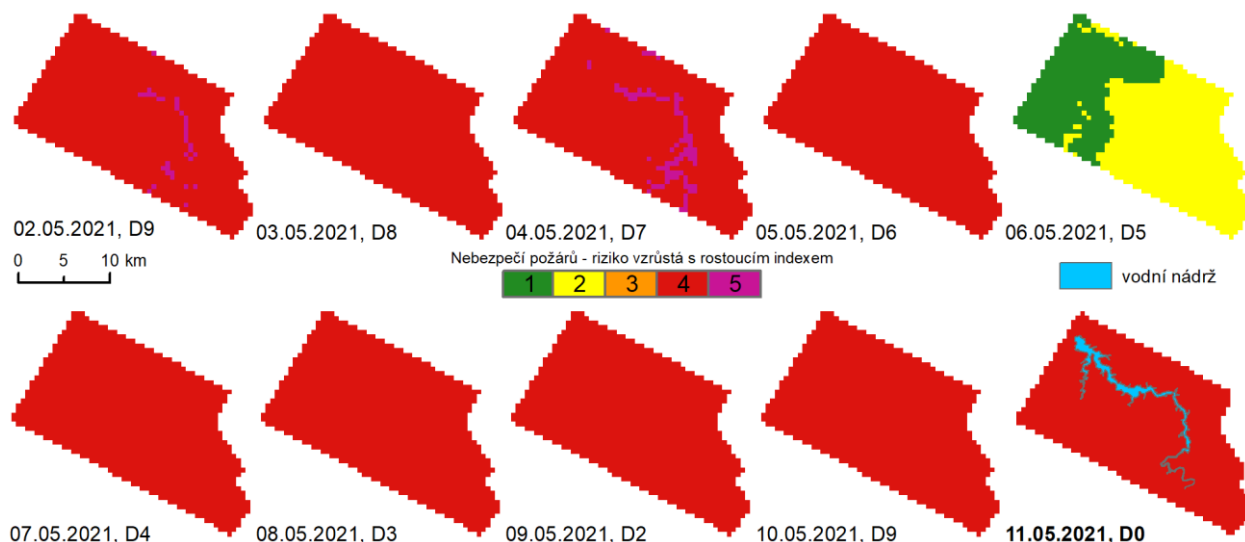
POŽÁRNÍ RIZIKO INDEXU FFDI DNE 11. 05. 2021 A JEHO POSTUPNÁ PŘEDPOVĚĎ PRO 9 DNŮ ZPĚTNĚ PODLE MODELU IFS



Obr. 98. Vývoj předpovědi požárního rizika indexu FFDI pro den 11. 05. 2021 v okolí vodní nádrže Švihov.

Index FWI predikoval pro tento den výrazněji přesněji než FFDI. Krom jediného dne (06. 05. 2021) predikoval správně 4. stupeň, který opravdu ten den nastal.

POŽÁRNÍ RIZIKO INDEXU FWI DNE 11. 05. 2021 A JEHO POSTUPNÁ PŘEDPOVĚĎ PRO 9 DNŮ ZPĚTNĚ PODLE MODELU IFS



Obr. 99. Vývoj předpovědi požárního rizika indexu FWI pro den 11. 05. 2021 v okolí vodní nádrže Švihov.

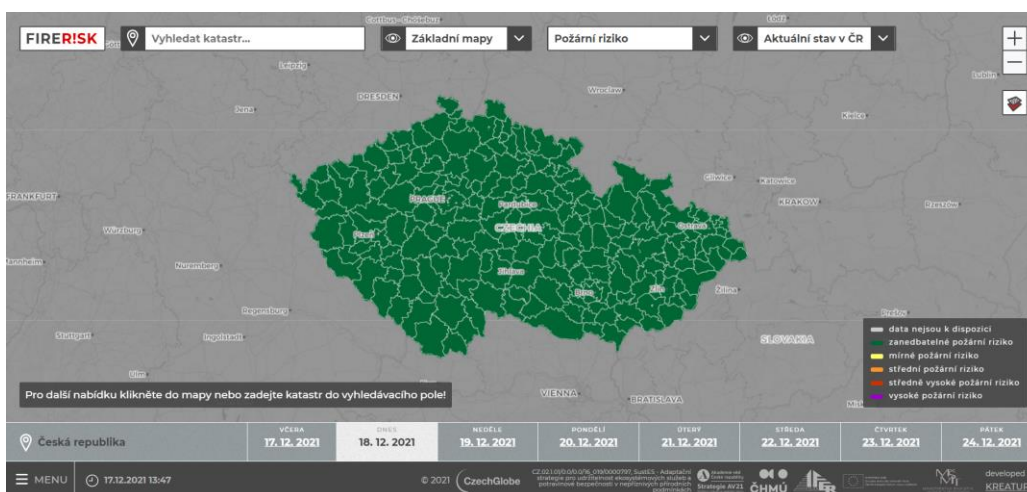
Z výše uvedených obrázků vyplývá, že sledovat v kontextu oba dva požární indexy je velmi přínosné a umožňuje uživateli srovnat a posoudit předpovědní riziko z více zdrojů. Na portálu firerisk.cz jsou dostupné oba požární indexy včetně denně aktualizované předpovědi na 9 dnů dopředu.

9. NÁVOD KROK ZA KROKEM K POUŽITÍ PORTÁLU FIRERISK/NÁDRŽE.CZ

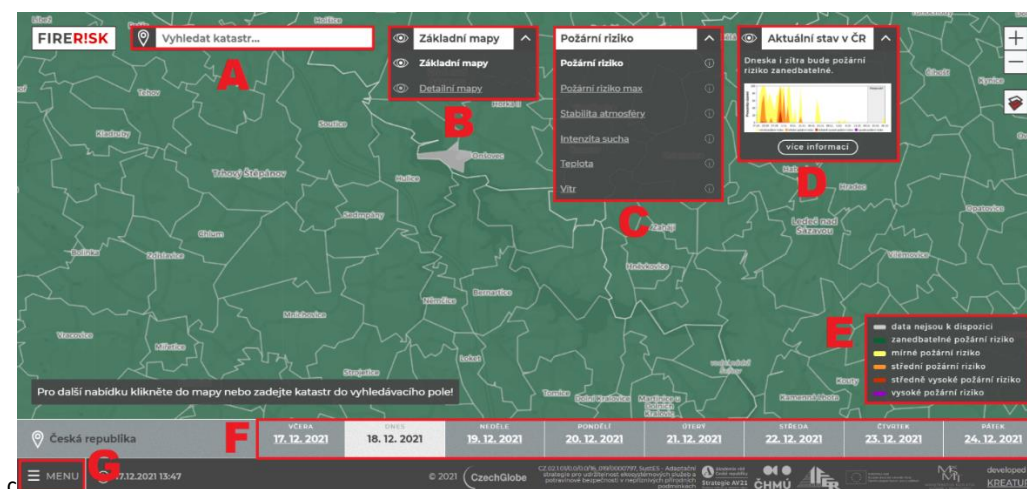
9.1 Popis + ovládání aplikace FireRisk a FireRisk nádrže

Interaktivní aplikace FireRisk (Obr. 100) je určena k detailnímu monitoringu a předpovědi rizika výskytu přírodních požárů na území České republiky. Požární riziko je možné sledovat od úrovně celorepublikové až po jednotlivý katastr. Zveřejňované mapy na portálu jsou aktualizovány každý den. K dispozici je informace o požárním riziku jeden den zpětně, pro daný den, ale především pro následujících 8 dní. Informace o míře rizika je pro všechny modely popsána jednoduchou škálou od zanedbatelného až po vysoké požární riziko.

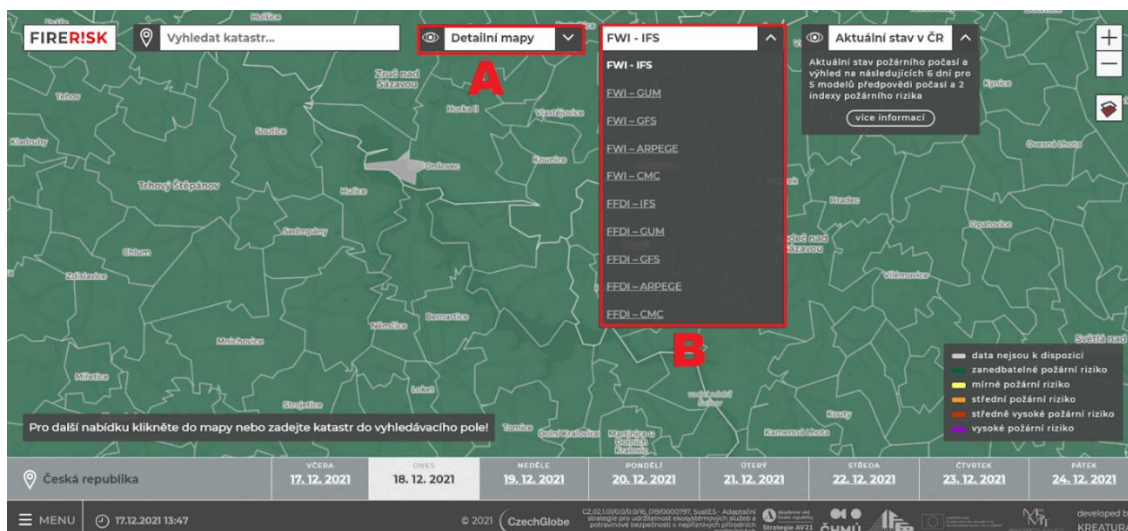
K dispozici jsou dva druhy map – základní a detailní (Obr. 101, Obr. 102). V základních mapách jsou zveřejňovány mapové výstupy o požárním riziku, požárním riziku max, stabilitě atmosféry, intenzitě sucha, teplotě a větru. Detailní mapy zobrazují požární indexy FWI a FFDI, a to ve variantách dle pěti předpovědních modelů (IFS, GUM, GFS, ARPEGE a CMC). Podrobnější informace o dostupných mapových vrstvách jsou zveřejněny v metodice Trnka et al., 2020b či přímo na stránkách www.firerisk.cz.



Obr. 100. Úvodní stránka aplikace www.firerisk.cz.



Obr. 101. Ovládací prvky mapy v aplikaci firerisk.cz (A: Vyhledání katastrálního území, B: Výběr druhů map, C: Zvolení konkrétní vrstvy, D: aktuální stav požárního rizika v ČR, E: mapová legenda, F: výběr zobrazeného dne, G: Menu, podrobnější informace).



Obr. 102. Zobrazení Detailních map na portále www.firerisk.cz (A: výběr detailních map, B: výběr požárního indexu s příslušným předpovědním modelem).

10. SROVNÁNÍ A ZDŮVODNĚNÍ NOVOSTI POSTUPU METODIKY

V České republice dosud nebyla k dispozici podrobná metodika pro kvantifikaci a předpověď rizik vzniku přírodních požárů v okolí vodních nádrží v závislosti na aktuálních meteorologických podmínkách. Předkládaná metodika obsahuje nejen popis datových zdrojů a srovnání metod kvantifikace rizika přírodních požárů, ale hodnotí také klimatologii tohoto rizika v plné šíři. Přináší přehled systémů využívaných v jiných zemích a jinde osvědčené metody testuje v prostředí České republiky v období 1961–2021. Současně je doplněna o podrobnou analýzu budoucího vývoje v trendech požárního počasí v okolí všech 3 nádrží, které jasně ukazují nutnost systematického zkoumání předpověditelnosti požárního počasí v okolí povrchových zdrojů pitné vody a využívání těchto předpovědí na území našeho státu. Analytickou část uzavírá popis monitorovacího systému www.firerisk.cz se zaměřením na monitoring přírodních požárů v okolí vodních nádrží. Metody, které prošly výše zmíněným testováním, nejlépe prakticky aplikujeme v podobě plně funkčního portálu. Portál je a bude provozován institucemi spoluautorů této práce.

11. UPLATNĚNÍ METODIKY

V první řadě je metodika monitoringu a předpovědi požárních rizik přímo využita na portálu www.fire-risk.cz, který byl připraven autory metodiky a je a bude sloužit jako podklad předpovědní službě Českého hydrometeorologického ústavu, správcům povodí (tj. podnikům Povodí Vltavy a Povodí Moravy), příslušným vodoprávním úřadům a také široké odborné a laické veřejnosti. Současně najde tato metodika uplatnění jako nástroj pro vlastníka lesních i zemědělských pozemků (organizace hlídkové služby, tvorba požárních plánů, přípravy sklizňových prací), pro hospodářskou úpravu (podklad pro tvorbu LHP ale i pozemkové úpravy) a také pro potřeby HZS ČR či krajských samospráv. Zařazení lokalizovaných předpovědí pro 3 klíčové vodní nádrže a dostupnost predikce vývoje požárního počasí díky specializovanému portálu by měla přispět ke snížení rizika výskytu a šíření požárů vegetace v okolí tří vodárenských nádrží.

Hasičská záchranná služba může metodiku využívat jednak při operativním plánování s ohledem na požární rizikovost konkrétních území, jednak při kontrolách požární připravenosti subjektů hospodařících v lesích. Samosprávy jak krajské, tak ORP získají nástroj pro detailní posouzení míry rizika ze strany požárů a příslušné vodoprávní úřady a podniky povodí pak nástroj pro analýzu a zvládnutí rizik.


12. SEZNAM ZKRATEK

CAP	– Common Alerting Protocol
COM	– conservation of mass
CFD	– computational fluid dynamics
ČHMÚ	– Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	– Český úřad zeměměřický a katastrální
DMR	– digitální model reliéfu
DPZ	– dálkový průzkum země
EFFIS	– Evropský informační systém o lesních požárech
FFDI	– forest fire danger index
FWI	– Fire weather index
GCM	– globální klimatické modely
HZS ČR	– Hasičský záchranný sbor České republiky
LHP	– lesní hospodářský plán
LINET	– Lightning Location Network
LVS	– lesní vegetační stupeň
OPVZ	– ochranné pásmo vodních zdrojů
ORP	– obec s rozšířenou působností
PLO	– přírodní lesní oblast
RCM	– regionální klimatický model
SIVS	– Systém integrované výstražné služby
SLT	– soubor lesních typů
VN, v.n.	– vodní nádrž
VVK	– využitelná vodní kapacita
WAsP	– Wind Atlas Analysis and Application Program
WEng	– WAsP Engineering
ZVVP	– zásoba využitelné vody v půdě

13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adámek, M., Jankovská, Z., Hadincová, V., Kula, E., Wild, J., (2018). Drivers of forest fire occurrence in the cultural landscape of Central Europe. *Landscape Ecology*. doi: s10980-018-0712-2
- Adámek M., Bobek P., Hadincová V., Wild J., Kopecký M. (2015): Forest fires within a temperate landscape: A decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe (2015): *Forest Ecology and Management* 01/2015; 336.
- Anderson. 2002. A model to predict lightning-caused fire occurrences. *Int. J. Wildland Fire*, 11 (2002), pp. 163-172.
- Beranová, J., Čermák, P., Albert, J., Cienciala, E., Zatloukal, V., Kudláčková, L., Novotný, J., Zeman, E., Kuráž, M., Vizina A., Nesládková, M., Strouhal, L., Trnka, M., 2021. Prevence vzniku a šíření přírodních požárů v bezprostředním okolí povrchových zdrojů pitné vody včetně metod pro odhad důsledků případného výskytu. Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v.i. Metodika v procesu certifikace. Poté bude dostupno z: www.firerisk.cz
- Catchpole, W.R., Catchpole, E.A., Butler, B.W., Rothermel, R.C., Morris, G.A., Latham, D.J., 1998. Rate of Spread of Free-Burning Fires in Woody Fuels in a Wind Tunnel. *Combustion Science and Technology* 131, 1–37.
- Carvalho, A., Flannigan, M. D., Logan, K., Miranda, A. I., Borrego, C., 2008. Fire activity in Portugal and its relationship to weather and the Canadian Fire Weather Index System. *International Journal of Wildland Fire*, 17(3): 328–338.
- Coen, J. L., Riggan, P. J., 2014. Simulation and thermal imaging of the 2006 Esperanza Wildfire in southern California: application of a coupled weather-wildland fire model. *International Journal of Wildland Fire*. 23(6), 755-770.
- Déqué, M., Rowell, D.P., Lüthi, D. et al. (2007). An intercomparison of regional climate simulations for Europe: assessing uncertainties in model projections. *Climatic Change*, 81, (Suppl 1): 53. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9228-x>
- Dimitrakopoulos, A., Bemmerzouk, A. And Mitsopoulos, I. D., 2011. Evaluation of the Canadian fire weather index system in an eastern Mediterranean environment. *Meteorological Applications*, 18(1): 83–93.
- Dubrovský, M.; Trnka, M.; Holman, I. P.; Svobodová, E.; Harrison, P. A., 2015: Developing a reduced-form ensemble of climate change scenarios for Europe and its application to selected impact indicators, *Climatic Change*, 128, 3-4, pp. 169-186
- Forthofer, J.M., Butler, B.W., Wagenbrenner, N.S., 2014. A comparison of three approaches for simulating fine-scale surface winds in support of wildland fire management. Part I. Model formulation and comparison against measurements. *Int. J. Wildland Fire* 23, 969–981.
- Ganteaume, Anne; Camia, Andrea; Jappiot, Marielle; San-Miguel-Ayanz, J.; Long-Fournel, Marlène; Lampin, Corinne. 2012. A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe. *Environmental management* 51.
- Heikinheimo, M., Venäläinen, A., Tourula T., 1998. A soil moisture index for the assessment of forest fire risk in the boreal zone. In: *Proceedings of the International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*. Volos, Greece, 549–555.
- Holuša, J., Koreň, M., Berčák, R., Resnerová, K., Trombik, J., Vaněk, J., Szczygieł, R., Chromek, I., 2021. A simple model indicates that there are sufficient water supply points for fighting forest fires in the Czech Republic. *International Journal of Wildland Fire* 30, 428.. doi:10.1071/wf20103
- Jankovská, Z., 2006. Lesní požáry v ČR (1992-2004) – příčiny, dopady a prevence. [Diplomová práce LDF MZLU Brno].
- Jurečka, F., Možný, M., Balek, J., Žalud, Z., Trnka, M. (2019): Comparison of Methods for the Assessment of Fire Danger in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(5): 1285–1295.
- Karali, A., Hatzaki, M., Giannakopoulos, C., Roussos, A., Xanthopoulos, G., Tenentes, V., 2014. Sensitivity and evaluation of current fire risk and future projections due to climate change: the case study of Greece. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 14, 143–153.
- Lopes, A.M.G., 2003. WindStation—a software for the simulation of atmospheric flows over complex topography. *Environmental Modelling & Software* 18, 81–96.
- Martín, V. C., Liano, C. D., Codrón, J. C. G., Álvarez, D. F. R., 2009. Climate and wildfires in Cantabria: Evolution and recent tendencies. *Pirineos* 164, 33-48.
- McArthur, A. G., 1967. Fire Behaviour in Eucalypt Forests. Leaflet 107. Canberra: Department of National Development Forestry and Timber Bureau.
- Mortensen, N.G., D.N. Heathfield, O. Rathmann and Morten Nielsen (2014). Wind Atlas Analysis and Application Program: WASP 12 Help Facility. Department of Wind Energy, Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark.
- Možný, M., Bareš, D., 2013. Czech Fire-Danger Rating System. The Integrated Warning Service System. Methodological Guideline No 3/2013. Czech Hydrometeorological Institute, Praha.

- Možný, M., Hájková, L., Vlach, V., Oušková, V. 2020. Nebezpečí přírodních požárů v České republice v letech 1971–2018. Sb. Praci ČHMÚ, sv. 66, Český hydrometeorologický ústav Praha, 2020, 1. vydání, 36 stran. ISBN 978-80-7653-014-0
- Možný, M., Trnka, M., Brázdil, R. 2021. Climate change driven changes of vegetation fires in the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology* 143 (1), 691-699.
- Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H., Martens, B., Miralles, D.G., Piles, M., Rodríguez-Fernández, N.J., Zsoter, E., Buontempo, C., Thépaut, J.-N., 2021. ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data* 13, 4349–4383. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>
- Noble, I.R., Gill, A.M., Bary, G.A.V., 1980. McArthur's fire-danger meters expressed as equations. *Aust. J. Ecol.* 5, 201–203.
- Padilla, M. and Vega-García, C. 2011. On the comparative importance of fire danger rating indices and their integration with spatial and temporal variables for predicting daily human-caused fire occurrences in Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 20(1): 46–58.
- Read, N., Duff, T.J., Taylor, P.G. 2018. A lightning-caused wildfire ignition forecasting model for operational use. *Agricultural and Forest Meteorology*, 253–254: 233-246.
- Roberts, C.D., Senan, R., Molteni, F., Boussetta, S., Mayer, M., Keeley, S.P.E., 2018. Climate model configurations of the ECMWF Integrated Forecasting System (ECMWF-IFS cycle 43r1) for HighResMIP. *Geoscientific Model Development* 11, 3681–3712.
- Scott, Joe H.; Burgan, Robert E. 2005. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 72 p.
- Silva, C. V. J. et al., 2018. Drought-induced Amazonian wildfires instigate a decadal-scale disruption of forest carbon Dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 373 (1760), No. 20180043.
- Štěpánek, P.; Zahradníček, P.; Farda, A.; Skalák, P.; Trnka, M.; Meitner, J.; Rajdl, K. Projection of drought-inducing climate conditions in the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *Climate Research* 70: 179-193, 2016
- Taylor, K.E., Stouffer, R.J. and Meehl, G.A. (2012). An Overview of CMIP5 and the Experimental Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 485-498. <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>
- Trnka, M., Balek, J., Možný, M., Cienciala, E., Čermák, P., Semerádová, D., Jurečka, F., Hlavinka, P., Štěpánek, P., Farda, A., Skalák, P., Beranová, J., Chuchma, F., Zahradníček, P., Janouš, D., Žalud, Z., Dubrovský, M., Kindlmann, P., Křenová, Z., Fischer, M., Hruška, J., Brázdil, R. 2020. Observed and expected changes in wildfire-conducive weather and fire events in peri-urban zones and key nature reserves of the Czech Republic. *Climate Research*, 82: 33–54. <https://doi.org/10.3354/cr01617>
- Trnka, M., Čermák, P., Kudláčková, L., Balek, J., Semerádová, D., Brovkina, O., Zemek, F., Štěpánek, P., Zahradníček, P., Bláhová, M., Cienciala, E., Beranová, J., Zatloukal, V., Albert, J., Tumajer, J., Možný, M., Hájková, L., Chuchma, F. Doporučená adaptační a mitigační opatření v rizikových oblastech výskytu přírodních požárů s přihlédnutím k měnícímu se klimatu. Ústav výzkumu globální změny AV ČR; v. v.i.; 2020b. Certifikovaná metodika MZP/2020/020/236. Dostupné z: www.firerisk.cz
- Trnka, M., Možný, M., Jurečka, F., Balek, J., Semerádová, D., Hlavinka, P., Štěpánek, P., Farda, A., Skalák, P., Cienciala, E., Čermák, P., Chuchma, F., Zahradníček, P., Janouš, D., Fischer, M., Žalud, Z., Brázdil, R. 2021. Observed and estimated consequences of climate change for the fire weather regime in the moist-temperate climate of the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 310: 108583. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108583>
- Van Wagner, C.E., 1974. Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index. Publication No. 1333. Canadian Forestry Service, Ottawa.
- Vizina, A., Vyskoč, P., Peláková, M., Beran, A., Kožín, R. a Pícek, J. Zabezpečení odběrů vody z vodárenských nádrží v podmínkách klimatické změny. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2021, roč. 63, č. 3, str. 4–18. ISSN 0322-8916.
- Wagenbrenner, N.S., Forthofer, J.M., Lamb, B.K., Shannon, K.S., Butler, B.W., 2016. Downscaling surface wind predictions from numerical weather prediction models in complex terrain with WindNinja. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16,
- Wagenbrenner, N.S., Forthofer, J.M., Page, W.G., Butler, B.W., 2019. Development and Evaluation of a Reynolds-Averaged Navier–Stokes Solver in WindNinja for Operational Wildland Fire Applications. *Atmosphere* 10.
- Ye, J., Wu, M., Deng, Z., Xu, Sh., Zhou, R., Clarke, K.C. 2017. Modeling the spatial patterns of human wildfire ignition in Yunnan province, China. *Applied Geography* 89: 150-162.
- Zhang, Y., Lim, S., Sharples, J.J. 2016. Modelling spatial patterns of wildfire occurrence in South-Eastern Australia. *Geomatics. Natural Hazards Review*, 7, 1800-185



VYHODNOCENÍ RIZIKA A PŘEDPOVĚĎ
PŘÍRODNÍCH POŽÁRŮ
V BEZPROSTŘEDNÍM OKOLÍ
POVRCHOVÝCH ZDROJŮ
☹ **PITNÉ VODY** ☹

METODIKA

ISBN: 978-80-87902-32-5