

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

VIDEOMAPPING NA 3D MODEL OLOMOUCKÉHO KRAJE

Bakalářská práce

Matěj LOUKOTA

Vedoucí práce RNDr. Jan Brus, Ph.D.

Olomouc 2026

Geoinformatika a kartografie

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací dynamického obsahu pro videomapping na fyzický 3D model Olomouckého kraje. Hlavním cílem práce je vytvořit názornou, atraktivní a srozumitelnou vizualizaci vybraných prostorových dat a environmentálních jevů určenou pro laickou i odbornou veřejnost.

Základním principem řešení byla transformace geografických a statistických dat do podoby dynamických vizuálních simulací. V rámci praktické části byl vytvořen obsah pro prezentaci specifických témat, mezi které patří simulace povodní, extrémních srážkových situací, světelného znečištění, dopravní dostupnosti či krajinného krytu. Tvorba mapových podkladů, vizuálních efektů, animací a doplňující grafiky probíhala v softwarovém prostředí ArcGIS Pro, Blender, MadMapper, DaVinci Resolve a Adobe Illustrator, přičemž obsah byl přesně kalibrován a optimalizován pro fyzický 3D model reliéfu.

Hlavním výsledkem práce je plně funkční videomapping, který dynamickým způsobem prezentuje zpracovaná prostorová data. Dosažené výsledky prokazují, že spojení fyzického 3D modelu a realistických digitálních simulací představuje moderní a atraktivní nástroj pro prezentaci komplexních regionálních jevů a prostorových souvislostí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Videomapping; Olomoucký kraj; 3D model; environmentální jevy; dynamický obsah

Počet stran práce: 58

Počet příloh: 3

ANNOTATION

This Bachelor's thesis focuses on the design and implementation of dynamic content for projection mapping onto a physical 3D model of the Olomouc Region. The primary aim of the thesis is to create a clear, engaging, and comprehensible visualisation of selected spatial data and environmental phenomena, designed for both the general public and professional audiences.

The core methodology involved the transformation of geographical and statistical data into dynamic visual simulations. In the practical part, content was developed to present specific topics, including simulations of flooding, extreme precipitation events, light pollution, transport accessibility, and land cover. The creation of map layers, visual effects, animations, and supplementary graphics was carried out using ArcGIS Pro, Blender, MadMapper, DaVinci Resolve and Adobe Illustrator, with the content being precisely calibrated and optimised for the complex surface of the physical 3D model.

The main output of the thesis is a fully functional projection mapping setup that interactively presents the processed spatial data. The achieved results demonstrate that combining a physical 3D model with realistic digital simulations provides a modern, and engaging tool for presenting complex regional phenomena and spatial relationships.

KEYWORDS

Projection mapping; Olomouc Region; 3D model; environmental phenomena; dynamic content

Number of pages: 58

Number of appendixes: 3

Prohlašuji, že

- bakalářskou/diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom(a), že na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- беру на вѣдомі, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou/diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské/diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Janu Brusovi, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji konzultantu Mgr. Radku Barvíři, Ph.D. za rady ohledně datových vizualizací.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Matěj LOUKOTA
Osobní číslo: R23627
Studijní program: B0532A330011 Geoinformatika a kartografie
Téma práce: Videomapping na 3D model Olomouckého kraje
Zadávající katedra: Katedra geoinformatiky

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je navrhnout a realizovat dynamický obsah pro videomapping na fyzický 3D model Olomouckého kraje. Výsledný videomapping bude využívat potenciál fyzického modelu k vizualizaci prostorových dat a environmentálních jevů formou názorné a atraktivní prezentace. V teoretické části bude provedena rešerše v oblasti videomappingu a prostorové vizualizace, přičemž důraz bude kladen na současné trendy, používané technologie a možnosti aplikace videomappingu na fyzické modely. Součástí bude také analýza metod projektování dynamického obsahu na 3D objekty, zejména problematika kalibrace projektoru a přizpůsobení obrazu tvaru modelu. Praktická část se zaměří na přípravu projekčního prostředí, včetně kalibrace projektoru pro co nejpřesnější přilnutí obrazu k tvaru 3D modelu. Student dále navrhne a vytvoří dynamický obsah pro prezentaci vybraných jevů – například simulace povodní, extrémních srážkových situací, světelného znečištění, dostupnosti a dojížděky, krajinného krytu a dalších relevantních témat. Výstupem práce bude funkční videomapping s realistickými simulacemi a vizuálními efekty, který umožní interaktivní a srozumitelnou prezentaci prostorových dat široké veřejnosti i odborným cílovým skupinám.

Text práce student zpracuje v souladu se závaznou šablonou pro kvalifikační práce KGI. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku a poster. Celou práci (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, poster a web) odevzdá student v digitální podobě na datové úložiště katedry. Do evidence STAG student odevzdá úplný text práce s přílohami, které určí vedoucí práce. Fyzicky student odevzdá pouze přílohy určené vedoucím práce.

Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Forma zpracování bakalářské práce: elektronická

Seznam doporučené literatury:

DERKACH, Svitlana, et al. Video Mapping Technologies as Spatial Augmented Reality in the Artistic Process. *Preservation, Digital Technology & Culture*, 2023, 52.2: 59-68.

CATANESE, Rossella. 3D architectural videomapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2013, 40: 165-169.

FATTA, Francesca; FISCHNALLER, Franz. Enhancing cultural heritage exhibits in Museum Education: 3D Printing Technology: Video mapping and 3D printed models merged into immersive audiovisual scenography (FSJ-V3D Printing+ MM Installation). In: *2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018)*. IEEE, 2018. p. 1-4.

FAN, Rong; HUANG, Tianqi. Video Mapping Based on 3D Printing Model of Building. In: *Innovative Computing: IC 2020*. Springer Singapore, 2020. p. 1547-1557.

NIKOLAKOPOULOU, Vasiliki, et al. Conveying intangible cultural heritage in museums with interactive storytelling and projection mapping: the case of the mastic villages. *Heritage*, 2022, 5.2: 1024-1049.

Vedoucí bakalářské práce:

RNDr. Jan Brus, Ph.D.
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce:

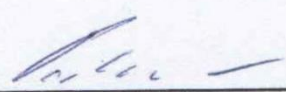
5. května 2025

Termín odevzdání bakalářské práce:

4. května 2026

L.S.

prof. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan



prof. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.
vedoucí katedry

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 CÍLE PRÁCE	11
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	19
3.1 Použité metody	19
3.2 Použitá data	19
3.3 Použité programy	21
3.4 Postup zpracování	21
3.5 Použití AI	22
4 PRAKTICKÁ REALIZACE VIDEOMAPPINGU	23
4.1 Návrh scénáře a dramaturgie videa	24
4.1.1 Scénář videa pro širokou veřejnost	24
4.1.2 Scénář videa pro odborníky	26
4.2 Zpracování a vizualizace prostorových dat (ArcGIS Pro)	28
4.2.1 Stažení Digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G)	29
4.2.2 Základní topografická mapa 1 : 50 000 (ZTM 50)	30
4.2.3 CORINE Land Cover 2018	30
4.2.4 Ortofoto	31
4.2.5 Silnice	32
4.2.6 Železnice	32
4.2.7 Znázornění nadmořské výšky	33
4.2.8 Klimatické oblasti	34
4.2.9 Normál úhrnu srážek za měsíc září (1991 – 2020)	35
4.2.10 Vizualizace simulace povodně	35
4.2.11 Simulace oslunění krajiny	36
4.2.12 Světelné znečištění	37
4.2.13 Tvorba ořezové masky	38
4.3 Hydrodynamické modelování povodní (HEC – RAS)	39
4.4 Audiovizuální postprodukce a využití umělé inteligence	43
4.4.1 Generování komentáře videa	43
4.4.2 Postup práce v prostředí DaVinci Resolve	44
4.5 Kalibrace a prostorová projekce	45
5 VÝSLEDKY	48
6 DISKUZE	51
7 ZÁVĚR	53
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	54
PŘÍLOHY	57

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
2D	Dvoudimenzionální
3D	Třidimenzionální
4K	4K rozlišení
AI	Artificial Intelligence
AVI	Audio Video Interleave
CG	Computer Graphics
cm	Centimetr
CORINE	Coordination of Information on the Environment
ČR	Česká republika
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
D.C.	District of Columbia
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace
JPEG	Joint Picture Experts Group
DPI	Dots Per Inch
EOG	Earth Observation Group
GIS	Geografický informační systém
KGI	Katedra geoinformatiky PrF UP
LED	Light-Emitting Diode
MOV	QuickTime Movie
MP4	Moving Picture Experts Group-4
NFC	Near Field Communication
PNG	Portable Network Graphics
PrF	Přírodovědecká fakulta
px	Pixel
REST API	Representational State Transfer Application Programming Interface
SELČ	Středoevropský letní čas
SFX	Sound Effects
UP	Univerzita Palackého
UTM zone 33N	Universal Transverse Mercator zóna 33 North
UV	Ultra Violet
VFX	Visual Effects
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
WGS 84	World Geodetic System 1984
WMS	Web Map Service
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ZTM 50	Základní topografická mapa 1 : 50 000

ÚVOD

V současné informační společnosti představují data a z nich odvozené poznatky klíčový strategický zdroj. Obory geoinformatiky a kartografie hrají v procesu sběru, zpracování a interpretace těchto prostorových dat nezastupitelnou roli, jež se výrazně projevuje například v jejich zásadním významu pro systémy krizového řízení na regionální i celostátní úrovni. Navzdory této důležitosti může být pro laickou veřejnost obtížné plně docenit komplexnost a užitečnost prostorových analýz pouze na základě tradičních 2D výstupů.

Ústřední myšlenkou předložené práce je proto vytvoření inovativních audiovizuálních děl aplikovaných formou videomappingu na fyzický 3D model reliéfu. Záměrem tohoto spojení je zprostředkovat divákovi silný vizuální zážitek, upoutat jeho pozornost a atraktivní formou jej motivovat ke studiu geoinformatiky a kartografie. Jako hlavní tematický rámec videí byla zvolena simulace extrémní povodňové situace ze září roku 2024. Tento vysoce aktuální jev představuje ideální modelový příklad, na kterém lze plně vytěžit potenciál fyzického 3D modelu, názorně demonstrovat vliv morfologie reliéfu na dynamiku hydrologických procesů a srozumitelně ukázat veřejnosti praktický význam hydrologického modelování.

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvoření dvojice odlišně koncipovaných videomappingových projekcí, které efektivně využívají specifika podkladového 3D reliéfu. První projekce je cílena na širokou laickou veřejnost, zejména pak na žáky základních a středních škol, s primárním účelem popularizace oboru a motivace k jeho studiu. Druhá varianta je navržena pro odbornější publikum a vyžaduje již základní vstupní povědomí diváků o zákonitostech meteorologie a hydrologie.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je navrhnout a realizovat dynamický obsah pro videomapping na fyzický 3D model Olomouckého kraje. Výstupem práce bude funkční videomapping s realistickými simulacemi a vizuálními efekty, který umožní interaktivní a srozumitelnou prezentaci prostorových dat široké veřejnosti i odborným cílovým skupinám. Výsledný videomapping bude využívat potenciál fyzického modelu k vizualizaci prostorových dat a environmentálních jevů formou názorné a atraktivní prezentace.

V teoretické části bude provedena rešerše v oblasti videomappingu a prostorové vizualizace, přičemž důraz bude kladen na současné trendy, používané technologie a možnosti aplikace videomappingu na fyzické modely. Součástí bude také analýza metod projektování dynamického obsahu na 3D objekty, zejména problematika kalibrace projektoru a přizpůsobení obrazu tvaru modelu.

Praktická část se zaměří na přípravu projekčního prostředí, včetně kalibrace projektoru pro co nejpřesnější přilnutí obrazu k tvaru 3D modelu. Student dále navrhne a vytvoří dynamický obsah pro prezentaci vybraných jevů – například simulace povodní, extrémních srážkových situací, světelného znečištění, dostupnosti a dojížděky, krajinného krytu a dalších relevantních témat. Praktickým výstupem práce jsou dvě audiovizuální prezentace (video), z nichž první je koncipována pro širokou laickou veřejnost a druhá je zacílena na odborné publikum. Oba výstupy plně využívají prezentační potenciál zpracovaného 3D modelu reliéfu kraje.

Nedílnou součástí zadání je rovněž návrh webových stránek a tvorba posteru, jehož účelem je vizuální shrnutí stěžejních výsledků práce. Vzhledem k povaze zpracovávaného tématu představují již samotná vytvořená videa primární formu komplexní prostorové vizualizace.

Účelem těchto vizualizací je usnadnit veřejnosti porozumění prostorovým návaznostem a interakcím sledovaných jevů. Zároveň přispějí k názornější interpretaci mezi vybranými prostorovými charakteristikami. V neposlední řadě budou tyto výstupy využitelné jako propagační materiál domovské katedry a jako nástroj pro popularizaci a přiblížení oboru geoinformatiky.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Definice a historický vývoj

Videomapping představuje specifickou oblast audiovizuálního umění, která na rozdíl od tradičního plochého plátna využívá k projekci rozmanité fyzické objekty, a to jak v exteriéru, tak v interiéru. V odborné literatuře však dosud neexistuje jednotná a všeobecně přijímaná definice této technologie. K popisu podstaty videomappingu se proto vedle tohoto zavedeného termínu užívají i další pojmy, jako například „prostorová rozšířená realita“, „digitální videoinstalace“ či „trojrozměrný projekční obraz“ (Derkach et al. 2023). V důsledku dynamického vývoje softwarových nástrojů v posledních letech, který umožňuje realizaci digitálních projekcí přímo na fyzický prostor, se etabloval také pojem „rozšířený prostor“. Ten lze chápat jako další z možných deskripcí videomappingu (Derkach et al. 2023). Catanese (2013) následně definuje videomapping jako projekční techniku aplikovanou na libovolné trojrozměrné povrchy, čímž dochází k jejich transformaci v dynamický displej. Za historický počátek videomappingu v jeho současné podobě označují Derkach et al. (2023) otevření atrakce „Haunted Mansion“ v Disneylandu v roce 1969, jež prezentovala řadu optických iluzí doplněných o zvukový doprovod.

Pro pochopení současné podoby videomappingu je nezbytné reflektovat jeho historické kořeny, které sahají hlouběji než k samotným digitálním technologiím. Schmitt, Thébault, Burczykowski (2020) ve své analýze zprostředkovávají pohled Dominiquea Moulona, jenž zasazuje videomapping do kontinuálního vývoje práce se světlem – od laterny magiky, stínového divadla a camery obscury až po moderní videoprojekce. Za určitou formu předchůdců videomappingu lze považovat také ohňové show či specifické využití světla při náboženských a magických rituálech (Catanese, 2013). Moulon zdůrazňuje, že klíčovým zlomem se stal vynález videoprojektoru, který umožnil umělcům, jakými jsou například Tony Oursler nebo Krzysztof Wodiczko, opustit galerijní prostory a využít pro své projekce městské prostředí (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020b). V posledních letech se videomapping transformoval z čistě uměleckého směru v široce aplikovaný nástroj, jenž nachází uplatnění v řadě oborů. Příkladem tohoto využití je umělecká instalace výše zmíněného autora Krzysztofa Wodiczky z roku 1991, realizovaná na madridském Vítězném oblouku (Arco de la Victoria) (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Jedním z průkopníků videomappingu v jeho současné podobě je německý architekt Hans Walter Mueller (Fan, Huang 2020).

Derkach et al. (2023) uvádějí, že v kontextu uměleckého vyjádření představuje videomapping pomyslný mezičlánek mezi plnou digitalizací umění a využitím konvenčních vyjadřovacích prostředků. Nejedná se totiž o plně uměle vytvořené prostředí (virtuální realitu), nýbrž o prostředí rozšířené, jež divákovi neumožňuje úplné odpojení od fyzické reality (Derkach et al. 2023). Na přelomu 20. a 21. století se videomapping vyprofiloval jako svébytný fenomén digitální kultury a ojedinělá audiovizuální disciplína, která stírá hranice mezi technologiemi a tradičními obory, jako jsou architektura, sochařství, divadlo, choreografie, móda či design (Derkach et al. 2023). Realizace videomappingu vyžaduje časově náročnou přípravu, zahrnující například důkladný průzkum terénu a analýzu charakteru objektu, na kterém bude instalace probíhat (Derkach et al. 2023). Cílový objekt musí být nejprve digitálně vymodelován ve 3D, aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího líčení promítaného obrazu s jeho fyzickým povrchem (Derkach et al. 2023).



Obrázek 1 Umělecká instalace autora Krzysztofa Wodiczko v Madridu (zdroj: Krzysztof Wodiczko)

Aplikace v muzejnictví a příbuzné technologie

Výrazným současným trendem jsou imerzivní (pohltivé) výstavy, jež nacházejí široké uplatnění zejména v muzejnictví, například při prezentaci kulturního dědictví. Jednu z těchto instalací popisuje studie (Nikolakopoulou et al. 2022). Autoři v ní představují interaktivní expozici pro Muzeum mastichy na ostrově Chios, jež využívá projekci na 3D tištěný model historického osídlení. Cílem tohoto projektu bylo vytvoření interaktivní instalace zprostředkávající nehmotné aspekty kulturního dědictví spojeného s pěstováním mastich (Nikolakopoulou et al. 2022). Hlavní koncept instalace spočíval v promítání dvou kategorií informací na jeden společný 3D tištěný model. Narativní rovina tak byla rozdělena do dvou nezávislých os: lineární a cyklické (Nikolakopoulou et al. 2022). Lineární osa se věnovala historickému vývoji ostrova a střídání různých vládnoucích kultur, jež formovaly specifickou architekturu osídlení (Nikolakopoulou et al. 2022). Naproti tomu cyklická osa reflektovala střídání ročních období, které bezprostředně ovlivňuje cyklus pěstování mastichy (Nikolakopoulou et al. 2022). Návštěvníci muzea mohli s instalací interagovat prostřednictvím fyzických objektů, jež odpovídaly předmětům z reálného světa (Nikolakopoulou et al. 2022). Jednalo se například o architektonické prvky a symboly dobyvatelů (věžička, středověký voják, minaret, mastichová guma) či o dobové nástroje k pěstování mastichy v jednotlivých ročních obdobích (lopata, šídlo, síto, košík) (Nikolakopoulou et al. 2022).

Samotný 3D model mastichové vesnice byl umístěn na stole o rozměrech přibližně 2 × 2 metry, přičemž kolem něj byl ponechán dostatečný prostor pro pohyb návštěvníků (Nikolakopoulou et al. 2022). Technický chod celé instalace zajišťoval jeden stolní počítač osazený grafickou kartou se třemi obrazovými výstupy (jeden pro projektor a dva pro

obrazovky na stanovištích návštěvníků) (Nikolakopoulou et al. 2022). Systém dále doplňovaly dotykové obrazovky, dvě NFC čtečky a audiosystém (Nikolakopoulou et al. 2022). Ve výchozím stavu se systém nacházel v režimu smyčky a vyčkával na interakci návštěvníka (Nikolakopoulou et al. 2022). K aktivaci příslušné projekce došlo v momentě, kdy uživatel přesunul vybraný fyzický předmět, zespodu opatřený NFC čipem, do vyhrazené oblasti s NFC čtečkou (Nikolakopoulou et al. 2022). Po skončení projekce, trvající přibližně jednu minutu, přešel systém automaticky zpět do režimu smyčky (Nikolakopoulou et al. 2022). Za účelem maximálního porozumění předávaným informacím byl vizuální obsah promítaný na 3D model doplňován o hlasový doprovod vypravěče (Nikolakopoulou et al. 2022). Vizuální prvky projekce, jako je sezonní vzhled krajiny či povětrnostní podmínky, byly tvůrci kreativně nadsazeny (Nikolakopoulou et al. 2022).

Podobný přístup volí i Fatta, Fischnaller (2018), kteří ve své studii zaměřené na inovaci muzejních expozic popisují propojení 3D tisku, videomappingu a storytellingu ve fyzické i virtuální architektuře. Výsledkem je imerzivní audiovizuální scénografie, navržená v kontextu výstavy nového mediálního dědictví ve francouzském Marseille (Fatta, Fischnaller 2018). Cílem tohoto projektu bylo podnítit zájem návštěvníků muzea a efektivně jim zprostředkovat informace prostřednictvím moderních technologií (Fatta, Fischnaller 2018). Samotný videomapping byl aplikován na dva rozměrné 3D tištěné modely (model A a B), jež byly zhotoveny kombinovanými technologiemi 3D tisku a disponovaly integrovaným vnitřním osvětlením (Fatta, Fischnaller 2018). Model A představoval architektonickou repliku pevnosti Fort Saint Jean v měřítku 1:100, odpovídající její podobě ze 17. století, o půdorysných rozměrech 210 × 190 cm a výšce 54 cm (Fatta, Fischnaller 2018).

Tento model byl vytvořen kombinací dvou výrobních postupů: aditivní techniky využívající polyuretan (pro nearchitektonické části) a subtraktivní metody pracující se sádrou (pro architektonické prvky) (Fatta, Fischnaller 2018). Celý objekt byl tvořen čtyřmi samostatnými segmenty. Po jejich kompletaci a finální povrchové úpravě bylo do specifických částí modelu instalováno LED osvětlení, jež bylo následně synchronizováno s promítaným videem (Fatta, Fischnaller 2018). Model B pak poskytoval širší pohled na pevnost Fort Saint Jean, aby si návštěvník mohl lépe představit její prostorový kontext v rámci okolní krajiny (Fatta, Fischnaller 2018). Půdorysné rozměry tohoto modelu činily 200 × 158 cm při výšce 11 cm (Fatta, Fischnaller 2018).

Technologií úzce příbuznou videomappingu, a to především z hlediska skenování povrchu, na nějž je obraz promítán, je tzv. Tangible Landscape (hmatatelná krajina). Základem této technologie je fyzický model, typicky tvořený kinetickým pískem, na který jsou promítány vypočítané geoprostorové charakteristiky aktuálně zformovaného reliéfu (Millar et al. 2018; BURIAN 2021). Tangible Landscape propojuje fyzický a digitální model povrchu prostřednictvím kontinuálního cyklu 3D skenování (BURIAN 2021). Při každé interakci uživatele a fyzické změně povrchu je tento reliéf naskenován do podoby mračna bodů (Millar et al. 2018). Z něj je následně generován digitální model, na němž se počítají různé terénní charakteristiky, jako je například sklonitost či orientace ke světovým stranám (Millar et al. 2018).

Veškeré procesy zahrnující změnu povrchu, jeho skenování i následný výpočet charakteristik probíhají v reálném čase (Millar et al. 2018).

Aplikací videomappingu v menším měřítku, konkrétně na 3D tištěný model, se ve své studii zabývají Fan, Huang (2020), kteří zkoumali proces projekce na zmenšeninu budovy Wukang (Wukang Building). Ve své práci demonstrují, že kombinace 3D tisku a precizního zacílení projektoru (využívající CG animaci založenou na „epidermis“ architektury) umožňuje divákům intuitivnější a hlubší pochopení prezentovaného obsahu (Fan, Huang

2020). Fan, Huang (2020) dále uvádějí, že videomapping představuje formu fyzické iluze obrazů, jež je zprostředkována kombinací audiovizuálních prvků.

Cílem instalace je zprostředkovat divákům hlubší vhled do kultury historických budov západního stylu na ulici Wukang Road (Fan, Huang 2020). Toho je dosahováno prostřednictvím dynamického designového jazyka a hry světla a stínu, jež úzce korespondují s tvaroslovím povrchu 3D tištěného modelu zmíněné budovy (Fan, Huang 2020). Samotná projekce na model je tematicky rozdělena do čtyř částí. První část se věnuje výstavbě budovy, druhá reflektuje zahraniční vlivy, třetí přibližuje období války s Japonskem a čtvrtá část znázorňuje její revitalizaci (Tabulka 1) (Fan, Huang 2020).

Tabulka 1 Scénář show „The Wukang Building“ (zdroj: Fan a Huang, 2020)

Scéna	Název	Číslo záběru	Čas (s)	Popis obsahu
1	Vzestup budovy	1.1	30"	Motion grafika: obdélníky, linie, stíny, strukturální seskupování.
		1.2	15"	Efekty změn budovy: přetáčení, výstavba, tříštění, vybarvování atd.
		1.3	10"	Efekty vzorů: oceán, racek, mořská tříšť atd.
2	Metropole zaplavená cizími dobrodruhy	2.1	6"	Stará Šanghaj v rytmu tance a vína: písňe celebrit, reflektory.
		2.2	6"	Metropole zaplavená cizími dobrodruhy: neony, staré filmové plakáty, kalendářové plakáty.
		2.3	30"	Slavné osobnosti, které žily v budově Wukang: portréty, ukázky děl.
3	Plameny války	3.1	25"	Barvy války: stín stíhačky, exploze, plameny.
		3.2	10"	Fénixova nirvána: plameny, fénix.
4	Nová éra	4.1	15"	Růst: spirály vinné révy, linie a barvy vyrůstající z prasklin.
		4.2	15"	Rozkvět: květiny vykvétající z oken.
		4.3	10"	Motýli: motýli poletují a mění se ve fresku.

Virtuální 3D model budovy byl vytvořen pomocí softwaru Autodesk Maya, přičemž byly vygenerovány dva výstupy: jeden pro samotný 3D tisk fyzického modelu a druhý pro tvorbu 3D obrazu určeného k projekci (Fan, Huang 2020). Jako materiál pro 3D tisk byla zvolena UV fotosenzitivní pryskyřice. Ta se vyznačuje vysokou mírou odrazivosti, čímž bylo dosaženo optimálního projekčního efektu (Fan, Huang 2020). Výsledný fyzický model dosahoval délky 329,409 mm, maximální šířky 207,315 mm a výšky 201,933 mm (Fan, Huang 2020). Samotná animace začínala zobrazením kvádrů, z něhož se postupně vynořoval obrys budovy Wukang, jež svým tvarem připomíná loď (Fan, Huang 2020). Následně byly obrysy oken a architektonické detaily vizuálně „vysunuty“ z čočky projektoru a promítnuty přímo na povrch budovy (Fan, Huang 2020). Dalším vizuálním efektem aplikovaným při prezentaci tvarosloví stavby byla fragmentace a tříštění v oblastech strukturálních detailů a charakteristických prvků budovy (Fan, Huang 2020).

Další speciální efekty, jako například bombardování, průlet stíhačky či požár, byly vytvořeny v softwaru Adobe After Effects (Fan, Huang 2020). Po dokončení videomappingové animace bylo nezbytné provést přesné slícování promítaného obrazu s fyzickým objektem, což je krok zásadně ovlivňující výslednou kvalitu celé projekce (Fan, Huang 2020).

K této kalibraci autoři využili profesionální software MadMapper, jenž umožňuje precizní napozicování obrazu na trojrozměrný objekt (Fan, Huang 2020).

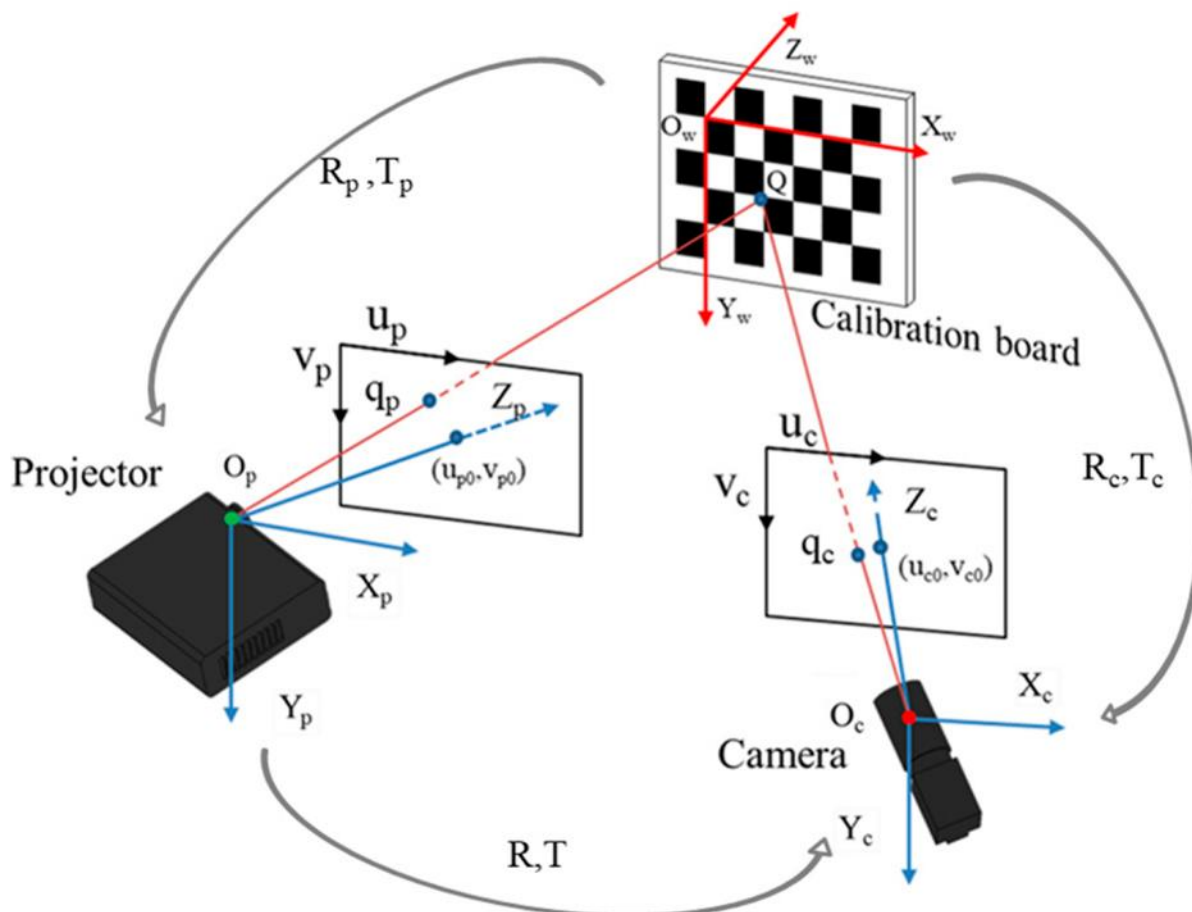
Dle studie (Derkach et al. 2023) představují klíčové prvky při tvorbě videoprojekce světlo, perspektiva a zvuk. Jedním z cílů videomappingu je prostřednictvím světla navodit u diváka efekt přítomnosti a úplného ponoření do budované atmosféry (Derkach et al. 2023). Využití perspektivy následně dodává promítanému obrazu hloubku a realismus, což napomáhá k efektivnějšímu upoutání pozornosti publika (Derkach et al. 2023). Dalším významným aspektem projekce je hudební, respektive zvukový doprovod, jenž umocňuje celkový emocionální výraz díla (Derkach et al. 2023). Určité odpoutání od fyzické reality je pro videomapping stěžejní, neboť tvůrcům umožňuje diváka ještě hlouběji vtáhnout do samotné atmosféry instalace (Derkach et al. 2023). Vnímání uměleckého díla ze strany diváka nicméně zůstává i nadále vysoce individuální, přestože je silně formováno právě celkovým prostorovým a smyslovým kontextem dané projekce (Derkach et al. 2023).

Ačkoliv může být videomapping ve své podstatě realizován na libovolný povrch, za jednu z jeho nejrozšířenějších forem je považována projekce na architektonické objekty (Derkach et al. 2023).

Videomapping propojuje reálné objekty s virtuálními obrazy, čímž ve výsledku dochází k vizuální modifikaci fyzických povrchů (Derkach et al. 2023). Samotná projekce tak vytváří optickou iluzi, přičemž jedinou reálnou složkou instalace zůstává fyzický objekt, na nějž je obraz promítán (Derkach et al. 2023). Rafael Lozano-Hemmer se řadí mezi průkopníky uplatnění videomappingu v galerijním prostředí; příkladem je jeho instalace „Frequency and Volume“ z roku 2006, realizovaná pro Hirshhornovo muzeum ve Washingtonu, D.C. (Derkach et al. 2023). Toto dílo sestávalo ze 48 robotických světlometů, jež reagovaly na hlasové pokyny návštěvníků (Derkach et al. 2023). Další významnou umělkyní, která využívala videomapping v galeriích a muzeích, je Pipilotti Rist. Ta v roce 2016 vytvořila instalaci s názvem „Pixel Forest“ v instituci New Museum v New Yorku (Derkach et al. 2023). Díky prostoru zaplněnému visícími LED světly v kombinaci s videoprojekcemi promítanými na stěny a podlahu byli návštěvníci plně vtaženi do imerzivního audiovizuálního prostředí (Derkach et al. 2023).

Systémy a kalibrační procesy při tvorbě videomappingu

Základní rozdíl mezi videomappingem a klasickou videoprojekcí spočívá v anamorfóze. Plocha, na kterou je obraz promítán, totiž ve většině případů není rovná, a projekce tak musí být odpovídajícím způsobem deformována. Tento proces, jehož cílem je co nejpřesnější přizpůsobení promítaného obrazu fyzickému tvaru objektu, se nazývá kalibrace projektoru. Zatímco dřívější metody využívaly časově náročné manuální deformování obrazu (tzv. 2D warping), v současnosti se standardem staly automatické systémy označované jako „ProCams“ (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a). Ty využívají kameru ke snímání promítaných strukturovaných světelných vzorů (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a).



Obrázek 2 Schéma systému ProCams (zdroj: Liu et al. 2023)

Samotná kalibrace začíná nastavením kamer (předkalibrovaných či nekalibrovaných), jež snímají sérii zmíněných strukturovaných projekcí, respektive světelných vzorů (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a). Na základě analýzy těchto dat lze následně určit prostorové vztahy a odchylky mezi pixely projektoru a kamery (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a). Přesnost této metody se pohybuje v řádu pixelů až subpixelů (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a). Aplikace systémů „ProCams“ lze rozčlenit do dvou hlavních kategorií (Grundhöfer, Iwai 2018):

- systémy usilující o promítání obsahu na složitou geometrii bez nežádoucího geometrického zkreslení (geometrická kalibrace),
- systémy umožňující flexibilní řízení barevného podání projekce (kolorimetrická kalibrace).

Zhangova metoda kalibrace patří mezi první skutečně úspěšné postupy, a proto se často používá jako referenční přístup při porovnávání s jinými metodami (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a). Využívá přitom matematického modelu dírkové kamery (tzv. *pinhole camera model*) pro kameru i projektor: nekalibrovaná kamera snímá povrch, na nějž je promítán obraz, a takto zachycený obraz ze své perspektivy následně porovnává s obrazem původním i s geometrickými parametry projektoru (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a).

Při samotném výpočtu se zohledňují vnitřní parametry (ohnisková vzdálenost, velikost pixelu a faktor zkosení) i vnější parametry (translace a rotace vůči referenční souřadnicové soustavě kamery), přičemž metoda teoreticky předpokládá, že objektiv kamery nevykazuje žádné optické zkreslení (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a).

(Derkach et al. 2023) uvádějí, že vzhledem k technologické náročnosti některých instalací není vhodné využívat standardní projektory, nýbrž specializovaná zařízení. Ta musí disponovat vyšším jasnem, rozlišením a kontrastním poměrem, aby bylo dosaženo optimální kvality promítaného obrazu.

Vhodnou alternativu představují také projektory s krátkou či ultra krátkou projekční vzdáleností. Tyto přístroje dokážou generovat velkoformátový obraz z bezprostřední blízkosti, což je výhodné zejména v prostorově omezených podmínkách nebo v situacích, kdy se diváci nacházejí blízko projekční plochy a je nutné eliminovat riziko vržených stínů (Derkach et al. 2023). Data nezbytná pro videomapping ve vysokém rozlišení, zahrnující statické obrazy, animace a další multimediální obsah, navíc vyžadují značnou kapacitu datového úložiště (Derkach et al. 2023). K nejběžnějším formátům pro ukládání vizuálních dat patří MP4, MOV a AVI u videosekvencí a JPEG či PNG u statických snímků; některé softwarové nástroje určené pro videomapping však využívají i vlastní proprietární formáty (Derkach et al. 2023).

Softwary při tvorbě videomappingu

V současnosti se nástroje pro autokalibraci vyvíjejí především v rámci aplikovaného výzkumu, a výrobci projektorů proto stále častěji nabízejí komplexní řešení pro geometrickou i kolorimetrickou autokalibraci doplněná o specializovaný software (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a). Příkladem může být open-source nástroj Calibrize, jenž slouží ke korekci barevného podání zobrazovacích zařízení. Obdobné funkce navíc bývají standardní součástí softwaru pro videomapping či mediálních serverů v podobě integrované automatické kalibrace (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a). Na trhu ve Spojených státech amerických poskytuje řešení pro profesionální velkoformátové projekce například společnost Scalable Display Technologies, zatímco v evropském kontextu se hojně využívají systémy od firem Avolites, DomeProjection, AV Stumpfl nebo VIOSO (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a).

Tyto společnosti nabízejí rozmanité nástroje pro automatickou kalibraci, a to včetně náročných projekcí na sférické plochy (kopule) (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a). Další profesionální platformy, jako je disguise (d3) s technologií OmniCal či švédský systém WATCHOUT, pak umožňují automatickou nebo poloautomatickou kalibraci jednotlivých projektorů i komplexních víceprojekčních instalací (Schmitt, Thébault, Burczykowski 2020a).

3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

Úvodní fáze bakalářské práce spočívala ve vypracování metodického postupu, jehož cílem bylo zajistit systematickou návaznost jednotlivých kroků a předejít tak případným neefektivitám během zpracování. Následně byla provedena rešerše odborné literatury, která poskytla nezbytný teoretický základ a ucelený přehled o současných realizacích videomappingu ve světě.

Dalším krokem byla tvorba scénářů pro jednotlivá videa, a to jak pro širokou veřejnost, tak pro odborné publikum. Tyto scénáře detailně definovaly obrazovou i zvukovou složku. Poté proběhl výběr vhodného softwarového řešení a následný sběr, případně i vlastní tvorba dat.

Získaná data byla následně vizualizována v prostředí softwaru ArcGIS Pro, přičemž důraz byl kladen na jejich odpovídající kartografické a grafické zpracování. Vizuelní styl napříč různými tematickými sadami dat byl sjednocen prostřednictvím shodné barvy pozadí, což zajistilo celkovou vizuální koherenci (jednotnost) výsledného obrazu.

Následovala postprodukce a samotný střih videí v programu DaVinci Resolve 20. V závěrečné fázi byla zpracovaná videa importována do softwaru MadMapper, který posloužil k jejich prostorovému přizpůsobení a projekčnímu mapování na fyzický 3D model Olomouckého kraje.

3.1 Použité metody

Pro dosažení cíle bakalářské práce, kterým bylo vytvořit funkční videomapping na 3D model Olomouckého kraje byla zvolena kombinace metody prostorové analýzy jednotlivých témat videa, hydrodynamické modelování dle analýzy srážek ze září 2024 a následná syntéza těchto analýz v komplexní audiovizuální výsledek.

3.2 Použitá data

Fyzický 3D model reliéfu Olomouckého kraje vznikl na katedře již v předchozích letech a byl použit v rámci disertační práce Mgr. Tomáše Buriana s názvem Využitelnost technologie 3D tisku v geoinformatice (BURIAN 2021). Jako primární datový podklad pro jeho tvorbu posloužila výškopisná data z datové sady ZABAGED® – Výškopis, konkrétně Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G), který je poskytován prostřednictvím Geoportálu ČÚZK.

Model o přibližných rozměrech $2 \times 1,3$ m se skládá z 66 samostatných konstrukčních dílů (BURIAN 2021). Zpracován byl v měřítku 1 : 65 000 s aplikovaným výškovým převýšením (tzv. faktorem elevace) na úrovni 2 (BURIAN 2021). Použití vyšší hodnoty převýšení bylo zamítnuto jednak z důvodu technologických limitů, jež by vedly ke vzniku nežádoucích vysokých hran na okrajích modelu, a jednak se záměrem zachovat co nejvěrnější a přirozený tvar zemského povrchu (BURIAN 2021).

Data DMR 5G sloužila rovněž jako stěžejní podklad napříč všemi tématy videa, konkrétně pro nastavení prostorového stínování jednotlivých vrstev.

Data použita ve videu

Tvorba samotného videa, respektive jeho dílčích tematických obrazů, vyžadovala integraci vícera prostorových dat z různých zdrojů. Administrativní hranice krajů a měst byly převzaty z databáze ArcČR (ArcČR® 4.3 | *Vybraná administrativní a statistická data*

o České republice.). Pro konkrétní tematické vizualizace byly využity následující zdroje a postupy.

Základní topografická mapa byla do projektu připojena formou prohlížecké služby WMS (ZTM 50) poskytované prostřednictvím geoportálu ČÚZK (ČÚZK: *Geoportál*)

Vektorová data krajinný pokryv CORINE Land Cover 2018 (*CORINE Land Cover 2018 (vector/raster 100 m), Europe, 6-yearly — Copernicus Land Monitoring Service*) byla získána z oficiálních portálů evropského programu Copernicus. Tato datová sada, disponující minimální mapovací jednotkou 25 hektarů pro plošné jevy a minimální šířkou 100 m pro jevy liniové, byla pro potřeby práce prostorově oříznuta a generalizována.

Barevná hypsometrie byla odvozena z dat DMR 5G prostřednictvím nastavení symbologie v softwaru ArcGIS Pro. Geometrie vodních toků byla převzata z databáze DIBAVOD (*VÚV T.G.Masaryka - Oddělení GIS - Struktura DIBAVOD*) a následně podrobena generalizaci.

Simulace povodňových scénářů proběhla v softwaru HEC-RAS. Vizualizace jednotlivých fází povodně byla zpracována v prostředí ArcGIS Pro, přičemž jako podkladová vrstva posloužilo ortofoto připojené prostřednictvím WMS služby z geoportálu ČÚZK (ČÚZK: *Geoportál*).

Pro simulaci stínů vržených reliéfem v průběhu letního dne byl využit nástroj pro stínování reliéfu v softwarovém prostředí ArcGIS Pro. Konkrétní hodnoty parametrů azimutu (Azimuth) a výšky slunce nad obzorem (Altitude) pro jednotlivé časové kroky byly stanoveny s využitím velkého jazykového modelu Google Gemini. Jako primární podkladová mapová vrstva posloužilo ortofoto, které bylo do projektu napojeno prostřednictvím webové mapové služby (WMS) poskytované z geoportálu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK: *Geoportál*).

Další stěžejní datovou sadu představovala vrstva klimatických oblastí České republiky zpracovaná na základě tradiční klasifikace Evžena Quitta. Tato vrstva, která je nezbytná pro zohlednění širších klimatických podmínek a potenciálu krajiny v zájmovém území, byla do prostředí ArcGIS Pro napojena přes mapovou službu (REST API) ze serverů Agentury ochrany přírody a krajiny ČR (*PrirodniPomery/Klima (MapServer)*). Využití této standardizované vrstvy umožňuje přesné a objektivní zasazení zkoumané lokality do kontextu makroklimatického členění státu.

Pro vizualizaci vývoje světelného znečištění v čase byla využita satelitní data o nočním osvětlení (Nighttime Lights). Tyto rastrové vrstvy poskytují objektivní obraz o intenzitě umělého osvětlení a pro účely práce byly získány z repozitáře Earth Observation Group (EOG) při Colorado School of Mines (*Index of /nighttime_light/annual/v20*). V animaci jsou chronologicky zobrazeny datové vrstvy pro jednotlivé roky v rozmezí 2012 až 2021.

Pro dokreslení hydrometeorologických podmínek a posouzení srážkových poměrů v zájmovém území byla použita prostorová data dlouhodobých normálů úhrnu srážek. Pro účely této práce byla využita gridová data srážkových úhrnů za měsíc září v referenčním období mezi lety 1991 až 2020. Data byla získána z oficiálního portálu otevřených dat Českého hydrometeorologického ústavu (*Index of /meteorology/products/grids_CZ/climate_normals/period_1991_2020/precipitation/13_Annual_1991_2020/*).

Pro názornou demonstraci a kvalitativní zhodnocení časoprostorové dynamiky extrémní srážkové situace ze září 2024 byla využita meteorologická webová platforma Ventusky (*Settings – Ventusky*). Vzhledem k interaktivní povaze webové aplikace a potřebě zachytit plynulý průběh přechodu srážkového pásma byla jako metoda sběru dat zvolena tvorba audiovizuálního záznamu obrazovky (screencast). Pro zachování maximální vizuální kvality

a detailu prezentace proběhl záznam simulace na monitoru s ultra vysokým rozlišením (4K).

3.3 Použité programy

ArcGIS Pro

Veškerá úprava prostorových dat a nastavení jejich grafické podoby (symbologie) probíhaly v softwaru ArcGIS Pro (verze 3.6.2).

HEC-RAS

Pro modelování a simulaci povodňové situace ze září 2024 byl využit hydrodynamický software HEC-RAS (verze 6.6).

DaVinci Resolve

Závěrečná postprodukce, zahrnující střih a editaci videí, byla realizována v programu DaVinci Resolve (verze 20).

MadMapper

Pro přesné zmapování a kalibraci obrazu na fyzický model (tzv. videomapping) byl zvolen software MadMapper (verze 6.1.1), který je pro tyto specifické účely primárně určen.

3.4 Postup zpracování

Úvodní fáze tvorby videa spočívala ve vypracování scénáře a vymezení klíčových témat, včetně jejich logického provázání, aby výsledné dílo působilo koherentním dojmem. Paralelně s tvorbou scénáře probíhala rešerše a akvizice datových sad. Tím bylo zajištěno, že navržená témata budou podložena reálně dostupnými daty, čímž se předešlo komplikacím v pozdějších fázích zpracování.

Získaná data byla následně importována do softwaru ArcGIS Pro, kde proběhla jejich editace a nastavení vhodné grafické podoby (symbologie) pro účely videoprezentace. V tomto programu byl vytvořen jednotný mapový výkres (layout), v němž byla fixována poloha a měřítko hranic Olomouckého kraje. Nad touto neměnnou podkladovou vrstvou byla postupně zobrazována různá tematická data. Po každé změně tematické vrstvy byl mapový výstup vyexportován. Tento postup garantoval prostorovou konzistenci hranic kraje – ty se tak na všech snímcích videa vyskytují na exaktně stejném místě, což je pro finální instalaci stěžejní.

Specifickou část metodiky tvořila simulace povodní ze září 2024. Vzhledem k absenci veřejně dostupné simulace aplikovatelné v prostředí GIS bylo nutné tento model vytvořit samostatně v softwaru HEC-RAS.

Vyexportované datové vizualizace byly nahrány do programu DaVinci Resolve. V tomto softwaru proběhla postprodukce, jež zahrnovala kompozici obrazu spolu s vizuálními (VFX) a zvukovými efekty (SFX). Hlasový komentář byl vygenerován prostřednictvím nástroje umělé inteligence ElevenLabs a vložen do projektu jako samostatná audio stopa. Následně proběhla synchronizace obrazové a zvukové složky a konečný export do zvoleného video formátu.

V závěrečné fázi bylo výsledné video nahráno do softwaru MadMapper. Zde proběhla kalibrace a přesné mapování obrazu na fyzický model. Takto zkalibrovaná projekce byla následně uložena a připravena pro prezentaci.

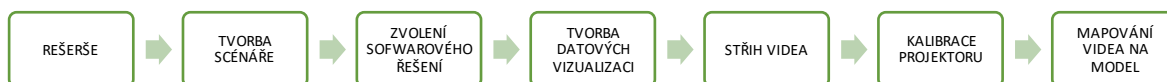
3.5 Použití AI

V rámci praktické části byla umělá inteligence (AI) nejvíce využita k tvorbě zvukového doprovodu videa, konkrétně pro syntézu hlasu z textu (tzv. text-to-speech). Za tímto účelem byl zvolen nástroj ElevenLabs, který disponuje rozsáhlou databází hlasových modelů. Pro potřeby práce byla pořízena licence v tarifu Starter, jež poskytla přístup k rozšířené nabídce hlasů a navýšila kapacitní limit pro generování mluveného slova. Tento nástroj byl rovněž využit pro tvorbu některých zvukových efektů (SFX) aplikovaných ve výsledném videu.

Umělá inteligence našla uplatnění také při zpracování simulace povodní v softwaru HEC-RAS. Konkrétně byl nasazen jazykový model Gemini, a to ke konzultaci pracovních postupů v daném programu a k analýze či řešení případných chybových hlášení. Pomocí modelu Gemini byl rovněž vygenerován úvodní obraz vykreslení hranice Olomouckého kraje. V neposlední řadě byl tento model využit pro celkovou jazykovou a stylistickou korekturu textu bakalářské práce.

4 PRAKTICKÁ REALIZACE VIDEOMAPPINGU

Následující kapitola popisuje postup realizace videomappingu od tvorby scénáře a workflow přes práci v softwaru HEC – RAS a DaVinci Resolve až po samotné deformování obrazu videa na 3D model kraje.



Obrázek 3 Postup zpracování bakalářské práce

4.1 Návrh scénáře a dramaturgie videa

Předmětem zadání byla tvorba dvou audiovizuálních děl, z nichž jedno bylo cíleno na širokou (laickou) veřejnost a druhé na odbornější publikum. Široká veřejnost byla vymezena jako potenciální uchazeči o studium, konkrétně žáci základních a středních škol, případně jejich zákonní zástupci, typicky v rámci dnů otevřených dveří na katedře. Odbornější cílová skupina byla definována jako studenti středních škol v rámci výuky geografie, kteří již disponují základním povědomím o meteorologických a hydrologických jevech na území České republiky. Hlavním záměrem při tvorbě scénáře bylo maximálně upoutat pozornost diváka a prezentovat geoinformatiku a kartografii jako atraktivní a společensky přínosný obor s širokým mezipředmětovým uplatněním.

4.1.1 Scénář videa pro širokou veřejnost

Toto audiovizuální dílo bylo koncipováno jako atraktivní prezentace oboru geoinformatika a kartografie s cílem motivovat potenciální uchazeče k jeho studiu. Záměrem je demonstrovat široké možnosti vnímání a analýzy krajiny prostřednictvím rozličných prostorových dat.

Úvod

Hlavním cílem úvodní sekvence je okamžité zaujetí divákovy pozornosti. Vizuální stránka začíná neutrálním šedým pozadím, na kterém je synchronně s mluveným slovem vykreslena hranice zájmového území kraje. Následně se objevuje Základní topografická mapa v měřítku 1 : 50 000, zprvu bez stínování, které je pro zvýšení vizuální atraktivity a plasticity reliéfu přidáno až v samotném závěru scény.

Pokryv krajiny

S využitím datové sady CORINE Land Cover z roku 2018 je vizualizována krajinná heterogenita Olomouckého kraje. Pozornost je upřena zejména na kontrast mezi rovinatou zemědělskou oblastí Hané a hornatým, převážně zalesněným územím Jeseníků. V této pasáži jsou do modelu zakomponovány rovněž antropogenní prvky infrastruktury, jako je silniční a železniční síť. Mluvené slovo je podkresleno tematickými videozáznamy umístěnými v pozadí, konkrétně leteckým záběrem dálnice a projíždějícím vlakem.

Reliéf kraje

Na téma krajinného pokryvu plynule navazuje problematika reliéfu (hornatý sever oproti nížinatému jihu), který úzce souvisí s prostorovým rozložením osídlení, klimatickými podmínkami a utvářením říční sítě. Mluvené slovo je opět vizuálně podpořeno videozáznamy reálných lokací, jež jsou zakomponovány do volného prostoru kolem 3D modelu. Zobrazují například zemědělské plochy či jesenícké dominanty v podobě přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé stráně a vysílače na Pradědu.

Srážky a povodně

Tato část představuje stěžejní vizualizaci celého snímku, ke které graduje veškerý předchozí komentář. Scéna je uvozena animací přechodu atmosférické fronty ze září 2024, na niž navazuje simulace povodňových rozlivů, jež byla modelována v softwaru HEC-RAS. Postup simulace je ve volném prostoru kolem modelu doplňován autentickými fotografiemi z proběhlých povodní. Pro snazší orientaci diváka je navíc každá zobrazená fotografie prostorově lokalizována prostřednictvím bodové značky přímo na 3D modelu.

Světelné znečištění

Sekvence začíná simulací východu a západu Slunce. Na pozadí je zobrazena rotující Zeměkoule. Následně je vizualizováno světelné znečištění, které slouží jako reprezentativní

zástupce antropogenních vlivů na krajinu. Dokreslení atmosféry je dosaženo pomocí videozáznamu nočního přeletu nad urbanizovaným územím, jež se přehrává v pozadí.

Závěr

Závěrečná část obsahuje stručnou rekapitulaci všech hlavních témat, která byla ve snímku prezentována. Mluvený projev je i zde provázen tematicky korespondujícími videozáznamy. V úplném závěru audiovizuálního díla jsou pak zobrazena oficiální loga Přírodovědecké fakulty a Katedry geoinformatiky.

Tabulka 2 Scénář videa pro širokou veřejnost

Čas	Název scény	Obraz (Vizuální složka)	Zvuk (Voiceover)
0:00 – 0:08	Úvod	Celý model je nejprve šedý. Jakmile začne mluvit hlas, začne se „vypisovat“ hranice kraje. Po dokončení se rozsvítí ZTM50 Olomouckého kraje.	„Abychom zvládli čelit lidské budoucnosti, musíme nejdříve pořádně pochopit svět kolem nás. Vítejte v Olomouckém kraji.“
0:08 – 0:24	Pokryv krajiny	Zobrazení krajinného pokryvu celého kraje. Postupně se zvýrazňují jednotlivé typy (lesy, pole, urbanizované plochy) a ostatní vyblednou. Při zmínce o silnicích a železnicích se zobrazí dopravní síť a v pozadí tematické video (vlaky, silnice).	„Krajina totiž není jen náhodná skládáčka polí, lesů a měst. Je to živý organismus. Fascinující příběh protkaný sítí silnic a železnic, který nám jasně ukazuje, jak se v prostoru chováme. A my vás tenhle příběh naučíme číst.“
0:24 – 0:45	Reliéf kraje	Z mapy zmizí všechny vrstvy kromě reliéfu (barevná hypsometrie). Postupně se polygonově vykreslí ORP, liniově říční síť a nakonec polygonálně klimatické oblasti. V pozadí tematické video (rovina, pole, reálie z Jeseníku).	„Jde o to, že tvar krajiny určuje pravidla hry, a my se učíme vnímat souvislosti, které na první pohled nejsou zřejmé. Sledujeme, jak kontrast mezi rovinatou Hanou a hornatými Jeseníky ovlivňuje to, kde žijeme, jaké tu máme klima, a hlavně jak se tu chová ten nejmocnější živel. Voda.“
0:45 – 1:10	Srážky a povodně	Přechod fronty ze září 2024. Po záblesku se začnou plnit koryta řek, vznikají záplavové oblasti. Během celé simulace se vedle videa prolínají reálné fotografie z povodní.	„A proč to všechno vlastně děláme? Protože když příroda ukáže svou sílu, vše ostatní jde stranou. Jde o lidi a o naše domovy. V září 2024 nám povodně ukázaly, jak strašně křehké naše pohodlí je. Chceme pomocí přesných dat a analýz předcházet extrémům a chránit to nejcennější, naše životy, domovy a krajinu.“

Čas	Název scény	Obraz (Vizuální složka)	Zvuk (Voiceover)
1:10 – 1:30	Světelné znečištění	Děšť ustává. Simulace východu a západu Slunce, v pozadí otáčející se Zeměkoule. Jakmile zajde Slunce, rozsvěcují se města, v pozadí běží video nočního města z ptáčí perspektivy.	„Naše práce ale nekončí se západem slunce. Přírodní živly sice utichnou, ale projeví se vliv člověka. Světelné znečištění je nenápadný, ale obrovský problém dnešní doby. Hledáme způsob, jak se může společnost dál rozvíjet, a přitom brát ohled na přírodu i naše vlastní zdraví.“
1:30 – 1:55	Závěr	Průřez všemi tématy, která byla ve videu zmíněna, v pozadí vhodná videa ilustrující komentář (dron, satelit apod.). Následuje pád loga katedry do mapy Olomouce. Poslední snímek je černá obrazovka s logy PřF a Katedry geoinformatiky.	„Zkrátka nechceme jen sedět a koukat. Hledáme lidi, kteří se nebojí zeptat ‚Proč?‘ a mají chuť hledat odpovědi. S drony, satelitními daty a moderními mapami u nás nezískáte jen titul. Dostanete do ruky nástroje, které mohou věci reálně měnit. Pojďte do toho s námi. Protože přírodě nelze poroučet jinak, než že jí budeme naslouchat.“

4.1.2 Scénář videa pro odborníky

Záměrem tohoto audiovizuálního díla je detailnější analýza a vizualizace povodňové situace ze září roku 2024. Prostřednictvím této události je názorně demonstrováno, jak morfolgie reliéfu ovlivňuje průběh a dynamiku hydrologických i meteorologických jevů.

Úvod

Úvodní sekvence, jež má za cíl zaujmout diváka, je tvořena postupným vykreslením hranice zájmového území. Následně je do modelu prolunta Základní topografická mapa v měřítku 1 : 50 000 (ZTM 50), zprvu bez stínování, které je pro zvýšení vizuální atraktivity a plasticity reliéfu přidáno až v samotném závěru. Na tuto vrstvu navazuje vizualizace databáze CORINE Land Cover z roku 2018, která akcentuje prostorový kontrast mezi zalesněnými plochami na severu a zemědělskou půdou na jihu kraje.

Říční síť a horská hradba

Další část snímku se věnuje zobrazení generalizované říční sítě, jež je redukována na hlavní vodní toky kraje. Synchronně s mluveným komentářem jsou na 3D modelu akcentovány řeky Morava a Bělá. V pozadí se souběžně objevují ilustrační záběry demonstrující diametrálně odlišný hydrologický charakter obou toků – Moravu jakožto nížinnou meandrující řeku a Bělou jako dravou horskou bystřinu. Po této expozici je zařazena prostorová vizualizace dlouhodobého normálu měsíčních úhrnů srážek pro měsíc září za referenční období 1991–2020. Dále je spuštěna samotná animace přechodu atmosférické fronty ze září 2024, kterou v pozadí doplňují autentické fotografie z povodní. Každý snímek je navíc exaktně lokalizován bodovou značkou na zobrazeném 3D modelu.

Zářijové povodně 2024 a jejich ničivá síla

V této pasáži plynule pokračuje vizualizace přechodu frontálního systému, na niž bezprostředně navazuje prostorová simulace následných povodňových rozlivů. Celá scéna

je i nadále vizuálně doplňována projekcí reálných fotografií zachycujících následky a destruktivní sílu této extrémní hydrologické situace.

Závěr

Závěrečná sekvence stručně rekapituluje klíčová témata prezentovaná v průběhu celého videa. Mluvené slovo je opět podkresleno tematicky odpovídajícími videozáznamy, jež ucelují celkový dojem a vizuálně fixují předané poznatky. V úplném závěru audiovizuálního díla jsou pak zobrazena oficiální loga Přírodovědecké fakulty a Katedry geoinformatiky.

Tabulka 3 Scénář edukačního videa pro střední školy

Čas	Název scény	Obraz	Zvuk (Voiceover)
0:00 – 0:15	Úvod – Dva rozdílné světy	Jakmile začne mluvit hlas, začne se vypisovat hranice kraje. Rozsvítí se ZTM50. Poté prostřih na CORINE Land Cover, kde se zvýrazní pole na Hané a poté lesy v Jeseníkách.	„Olomoucký kraj je jako zmenšená učebnice zeměpisu. Setkávají se tu dva úplně odlišné světy – úrodná nížina Hané na jihu a drsné lesy Jeseníků na severu. Tenhle tvar krajiny určuje všechno ostatní. Hlavně co se stane, když začne pršet.“
0:15 – 0:45	Řiční síť a horská hradba	Barevná hypsometrie, zvýrazní se říční síť. Normál úhrnu srážek za září. Poté animace Ventusky. Na pozadí fotky z povodní.	„Podívejme se na naše řeky. Krajem protéká řeka Morava, která sbírá vodu z většiny území a líně se plazí nížinou. Ale na severu, za hřebenem Jeseníků, je to úplně jiný příběh. Tam pramení horské říčky jako Bělá nebo Vidnávká, které stékají strmě dolů. Jeseníky tu totiž fungují jako obrovská hradba. Když na ně narazí oblačnost, mraky se o hory zastaví a musí se vypršet. A to je moment, kdy krajina ukáže svou obrovskou sílu.“
0:45 – 1:22	Záříjové povodně 2024 a jejich ničivá síla	Rychlá simulace toho, jak voda stéká ze strmých svahů do úzkých údolí. Na okraji se ukážou reálné záběry zničených silnic a obrovských hromad naplavenin a trosek. Objeví se infografika s čísly: ~18 mld. Kč, 40 000 tun.	„Přesně to se stalo v září roku 2024. Půda už byla z předchozích deštů nacucaná a další vodu nedokázala pojmout. Zatímco na jihu se řeka Morava zvedala postupně, na severu neměla voda v úzkých údolích kam uhnout. Z horských říček se staly dravé proudy, které trhaly asfalt, mosty i domy. Následky byly katastrofální. Jen v Olomouckém kraji se škody vyšplhaly k téměř 18 miliardám korun. Voda po sobě zanechala takovou spoušť, že se jen z Jesenicka muselo odvézt přes 40 tisíc tun povodňového odpadu a odplaveného materiálu.“

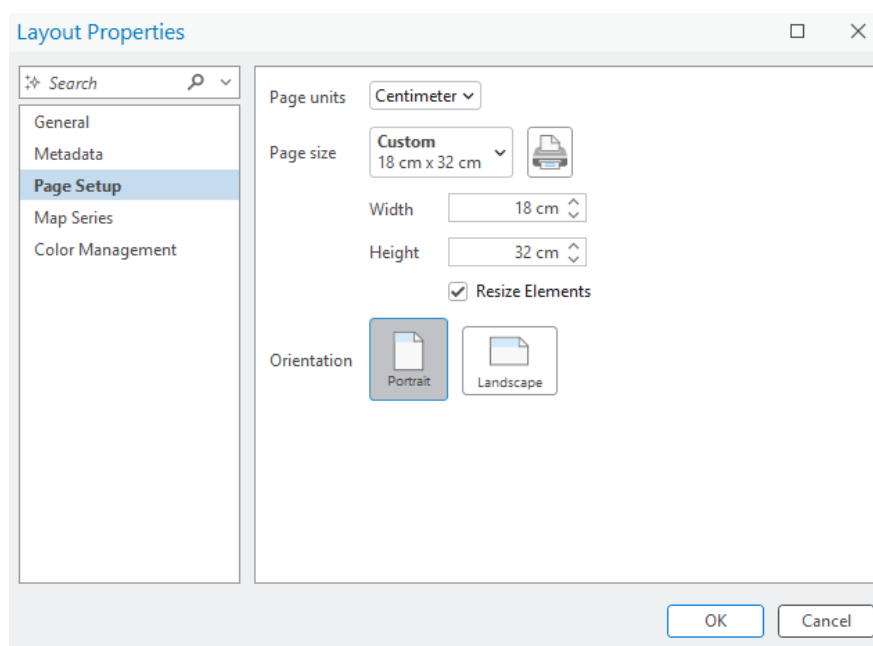
Čas	Název scény	Obraz	Zvuk (Voiceover)
1:22 – 2:36	Závěr – Proč to musíme studovat	Živly se uklidní, mapa kraje se zbarví do klidných tónů. Zvýrazní se vrstvy prostorových dat (satelity, výškové modely). Vedle modelu se elegantně vypíše citát od Francise Bacona. Zatmívačka.	„Extrémy k přírodě zkrátka patří. Abychom se na ně dokázali připravit a chránili naše domovy, musíme naši krajinu a její pravidla dobře znát. Jak kdysi řekl Francis Bacon: „Přírodě nelze poroučet jinak, než že ji budeme naslouchat.““

Scénáře nezahrnují detailní specifikaci vizuálních (VFX) a zvukových (SFX) efektů, které se objevují ve výsledných videích. Důvodem je skutečnost, že ve fázi přípravy scénáře nebylo možné přesně predikovat jejich optimální časové a prostorové umístění. K samotné implementaci těchto prvků tak došlo až v postprodukční fázi během střihu, a to na základě tvůrčího uvážení autora s cílem umocnit celkový audiovizuální dojem z díla.

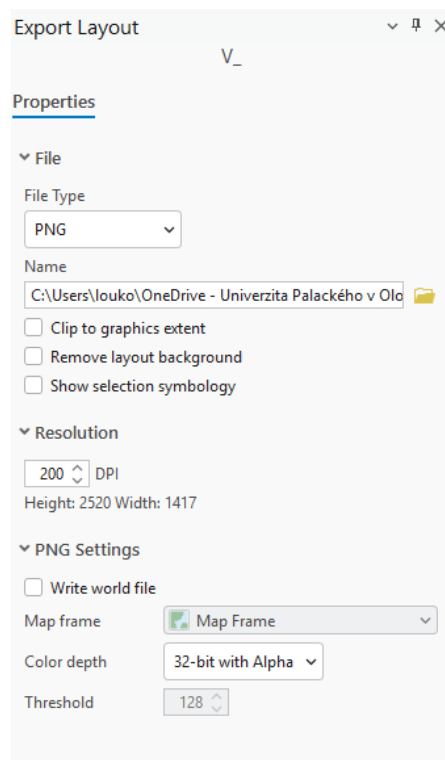
4.2 Zpracování a vizualizace prostorových dat (ArcGIS Pro)

Následující kapitola popisuje postup zpracování a vizualizace jednotlivých tematických vrstev v softwarovém prostředí ArcGIS Pro.

Klíčovým výchozím krokem bylo přesné definování parametrů výkresu (layoutu) pro následný export. Bylo nutné zajistit, aby se zájmové území kraje nacházelo při exportu vždy na identické pozici a ve stejném měřítku. Toho bylo dosaženo integrací všech datových sad do jediného mapového okna, k němuž byl vytvořen jednotný výkres, v němž se požadované vrstvy pouze přepínaly. Rozměry výkresu byly stanoveny na 18 × 32 cm s rozlišením 200 DPI, díky čemuž disponuje výsledný exportovaný soubor ve formátu PNG rozlišením 2520 × 1418 px. Barevná hloubka (Color depth) byla z důvodu zachování transparentnosti nastavena na hodnotu 32-bit with Alpha.



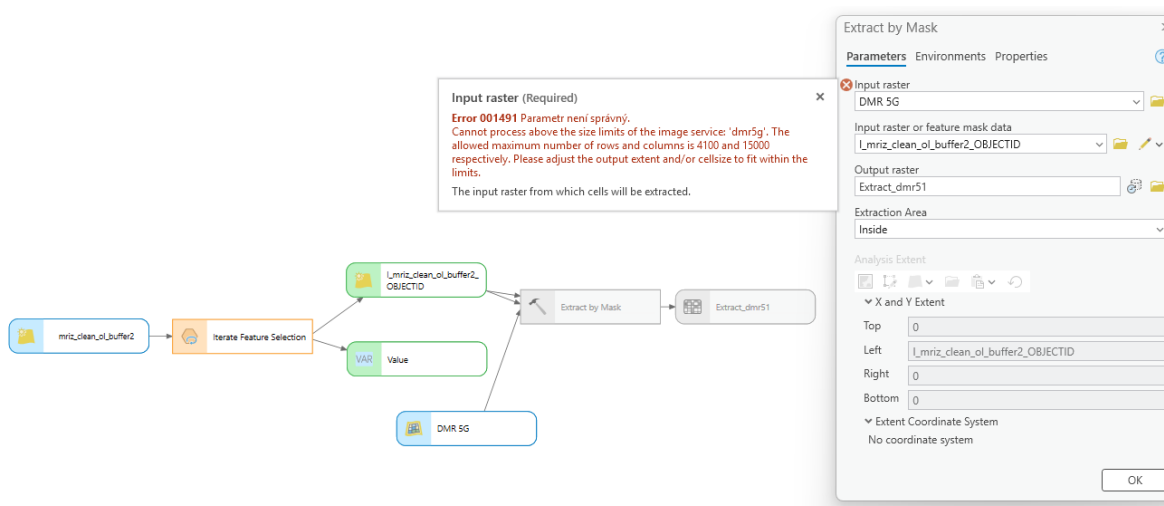
Obrázek 4 Nastavení layoutu v ArcGIS Pro



Obrázek 5 Nastavení exportu layoutu v ArcGIS Pro

4.2.1 Stažení Digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G)

Pro plynulejší manipulaci s daty a následnou kalibraci obrazu vzhledem k 3D modelu bylo nezbytné pořízení dat DMR 5G pro území Olomouckého kraje. Původní záměr automatizovaného stahování dat po částech pomocí vizuálního programovacího jazyka ModelBuilder nebyl realizován z důvodu technických omezení při automatické definici rozsahu (extent), což vedlo k nevaliditě modelu.



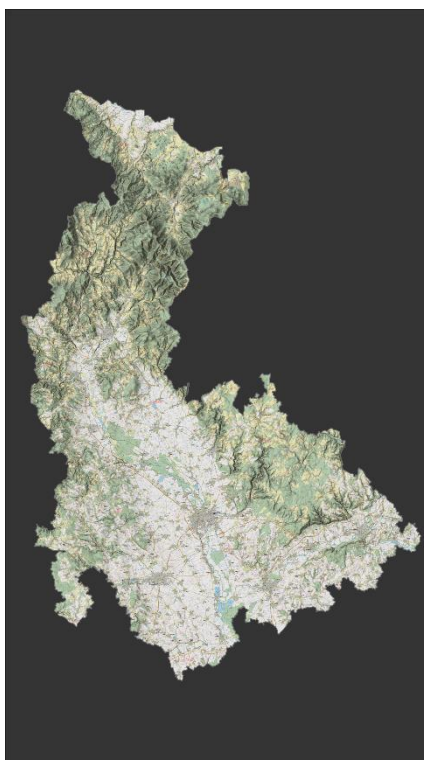
Obrázek 6 Nefunkční model pro stažení DMR5G

Sběr dat byl proto proveden manuálně s využitím parametru Current Display Extent v nastavení Analysis Extent. Po stažení všech dílčích dlaždic byl prostřednictvím nástroje Mosaic To New Raster vytvořen spojitý rastr. Tato vrstva byla následně ve všech

vizualizacích využita pro aplikaci stínování (multidirectional hillshade), čímž bylo dosaženo prostorové plasticity výsledného obrazu.

4.2.2 Základní topografická mapa 1 : 50 000 (ZTM 50)

Mapové dílo bylo do prostředí ArcGIS Pro importováno prostřednictvím WMS služby poskytované Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK: *Geoportál*). Jelikož software neumožňuje přímou modifikaci dat zprostředkovaných přes WMS, byla kolem hranice Olomouckého kraje vytvořena obalová zóna (buffer). Ta posloužila jako maska překrývající okolní území, díky čemuž je ve výsledném výkresu viditelný pouze zájmový kraj.



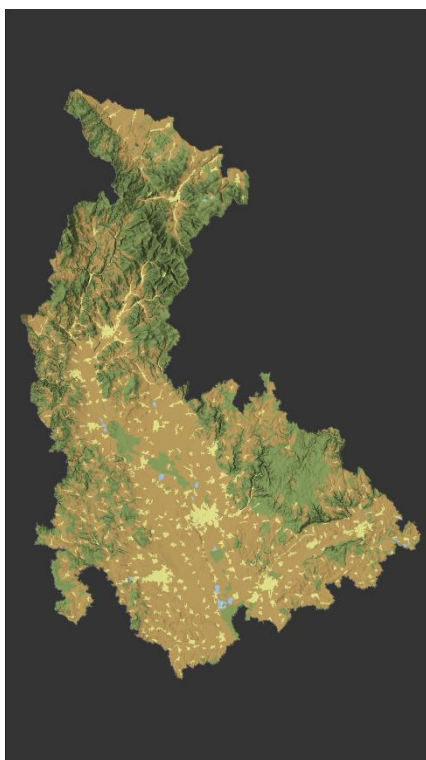
Obrázek 7 ZTM50 s multidirectional hillshade

4.2.3 CORINE Land Cover 2018

Vektorová vrstva krajinného pokryvu byla oříznuta na hranici Olomouckého kraje (nástroj *Clip*). Následně proběhla její generalizace do čtyř základních kategorií:

1. urbanizovaná území,
2. zemědělské plochy,
3. lesní a polopřírodní oblasti,
4. vodní plochy.

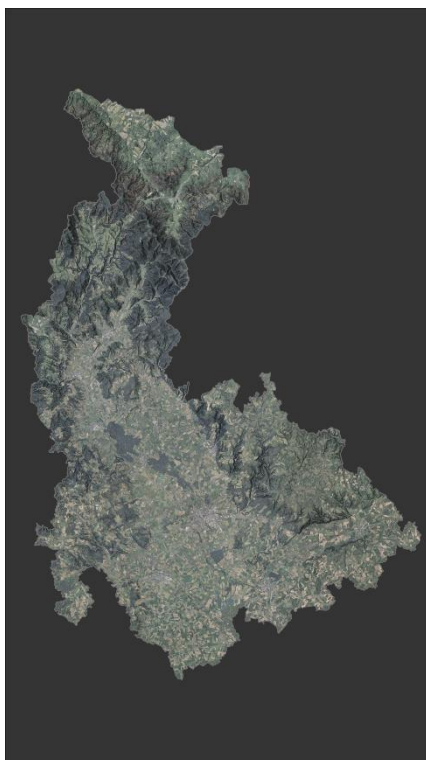
Zvolená barevná stupnice vychází z oficiální metodiky a vizualizace projektu CORINE. Pro účely videozáznamu byla u dílčích kategorií vždy dočasně zvýšena sytost barev v momentě, kdy k nim odkazoval mluvený komentář.



Obrázek 8 CORINE Land Cover 2018

4.2.4 Ortofoto

Ortofotomapa byla také importována prostřednictvím WMS služby ČÚZK. Pro oříznutí vizuálu na zájmové území byl aplikován totožný postup s překryvnou polygonovou maskou (bufferem) jako v případě vrstvy ZTM 50.



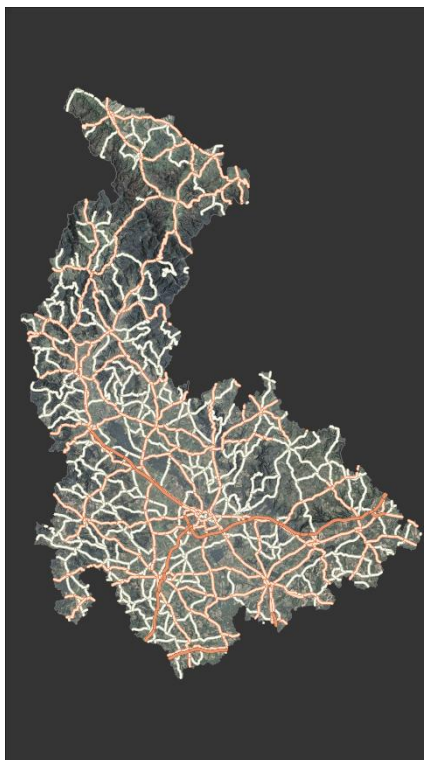
Obrázek 9 Ortofoto

4.2.5 Silnice

Silniční síť byla na základě atributových dat klasifikována do tří kategorií:

1. dálnice a silnice I. třídy,
2. silnice II. až IV. třídy,
3. silnice V. až VI. třídy.

Jako podkladová mapová vrstva bylo využito ortofoto.



Obrázek 10 Silnice

4.2.6 Železnice

Železniční síť byla rozdělena do dvou kategorií rozlišujících elektrifikované a neelektrifikované tratě. Vizualizace opět probíhala na podkladu ortofotomapy.



Obrázek 11 Železnice

4.2.7 Znázornění nadmořské výšky

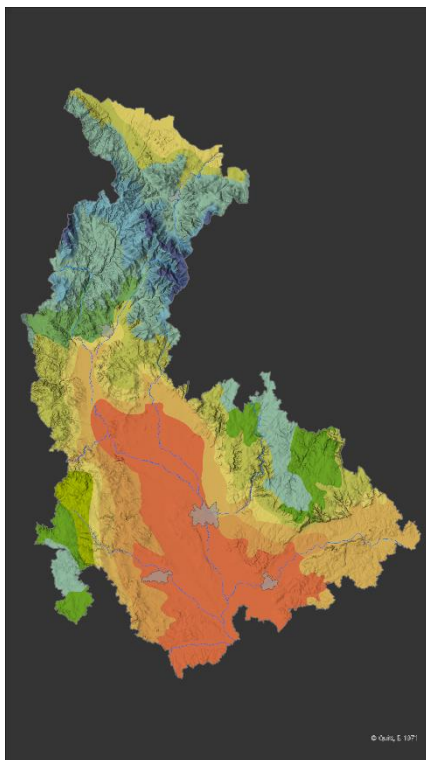
Nadmořská výška byla vizualizována formou barevné hypsometrie. Toho bylo docíleno duplikací vrstvy DMR 5G a nastavením její symbologie metodou *Stretch*. Aplikovaná barevná škála byla modifikována tak, aby maximálně zdůraznila výškový kontrast mezi rovinatou oblastí Hané a hornatým reliéfem Jeseníků. Výsledný vizuál byl doplněn o bodovou vrstvu okresních měst a generalizovanou říční síť.



Obrázek 12 Barevná hypsometrie

4.2.8 Klimatické oblasti

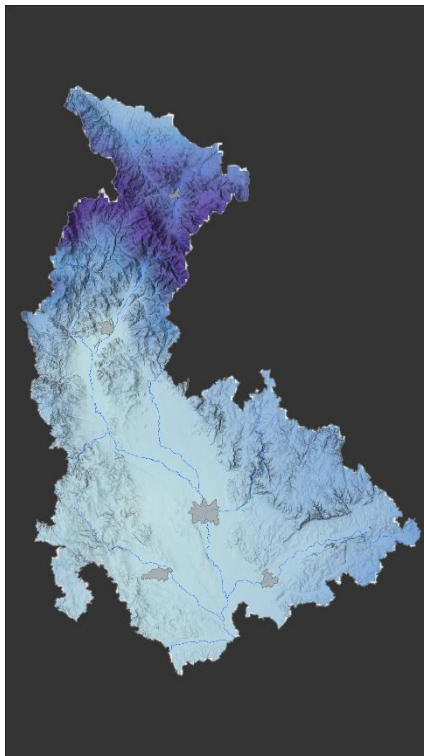
Vrstva klimatických oblastí byla do projektu připojena jako *ArcGIS Map Service*. U tohoto formátu datových služeb je symbologie fixně přednastavena poskytovatelem bez možnosti uživatelské úpravy.



Obrázek 13 Klimatické oblasti

4.2.9 Normál úhrnu srážek za měsíc září (1991 – 2020)

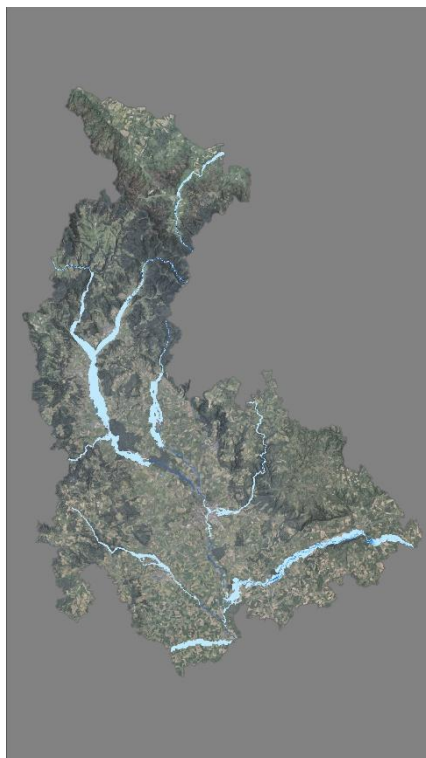
Srážková data byla pořízena v rastrovém formátu a následně oříznuta na hranici Olomouckého kraje. Pro vizualizaci byla zvolena symbologie typu *Stretch* využívající plynulou modrou barevnou stupnici.



Obrázek 14 Normál úhrnu srážek

4.2.10 Vizualizace simulace povodně

Série exportovaných rastrových vrstev zachycujících časový vývoj povodňové situace, modelovaných v softwaru HEC-RAS, byla importována do ArcGIS Pro. Pro všechny rastry byla definována striktně jednotná symbologie za účelem zajištění vizuální konzistence napříč celou simulací. Podkladovou vrstvu tvořila ortofotomapa.



Obrázek 15 Simulace povodně

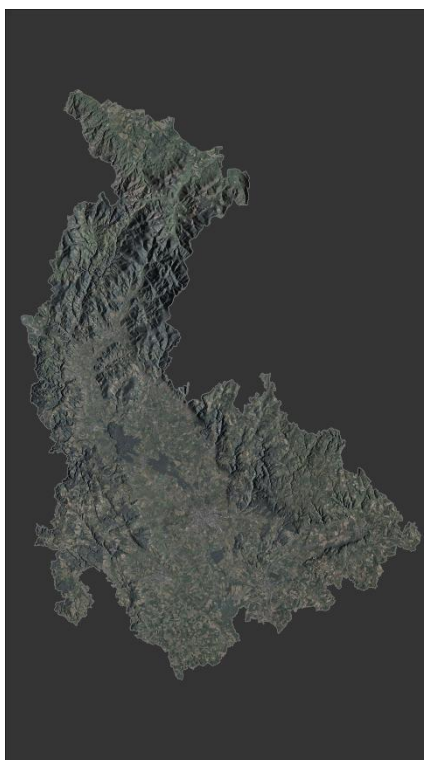
4.2.11 Simulace oslunění krajiny

Požadovaného efektu pohybu stínů bylo dosaženo sekvenční změnou parametrů azimutu (azimuth) a výšky slunce nad obzorem (altitude) v nastavení stínování reliéfu.

Tabulka 4 Nastavení hodnot stínování reliéfu

Čas (SELČ)	Azimut (°)	Výška / Altitude (°)
04:43	52	0
05:00	55	2
05:30	60	6
06:00	66	11
06:30	71	15
07:00	76	20
07:30	82	25
08:00	88	30
08:30	94	35
09:00	101	39
09:30	109	44
10:00	118	48

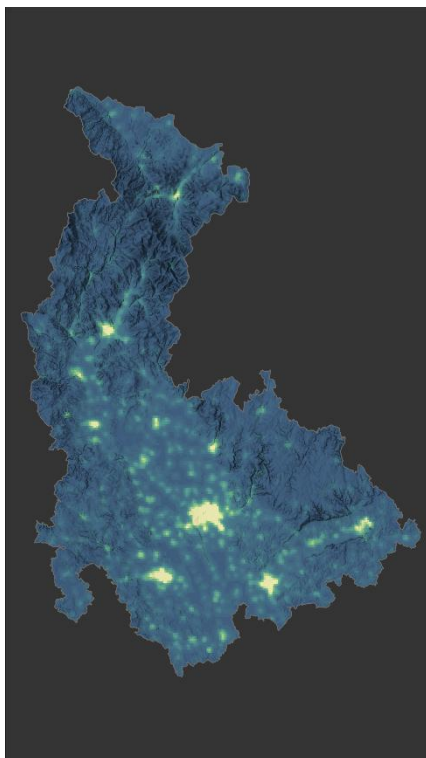
Čas (SELČ)	Azimut (°)	Výška / Altitude (°)
10:30	128	52
11:00	139	56
11:30	151	59
12:00	164	62



Obrázek 16 Simulace východu slunce

4.2.12 Světelné znečištění

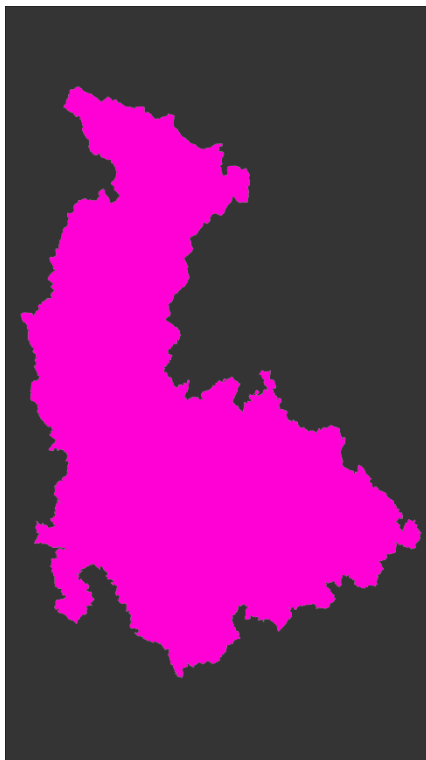
Symbologie rastrových dat světelného znečištění byla upravena s cílem jasně identifikovat tzv. světelné dómy. Zvolená barevná škála byla navržena tak, aby esteticky a logicky korespondovala s danou tematikou.



Obrázek 17 Světelné znečištění

4.2.13 Tvorba ořezové masky

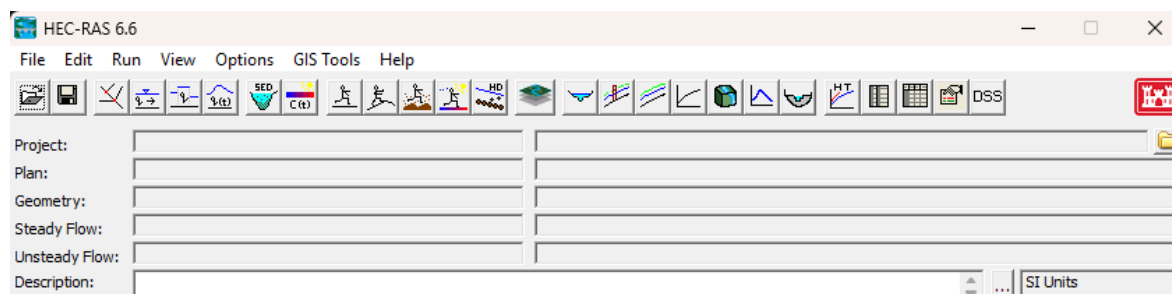
V prostředí ArcGIS Pro byla zkonstruována ořezová maska pro integraci videozáznamů na pozadí. Jako výplň kraje byla zvolena specifická barva, která se ve využitých podkladových videích ani fotografiích nevyskytuje. Tento krok zajistil maximální efektivitu a přesnost následného postprodukčního odstranění pozadí.



Obrázek 18 Ořezová maska

4.3 Hydrodynamické modelování povodní (HEC – RAS)

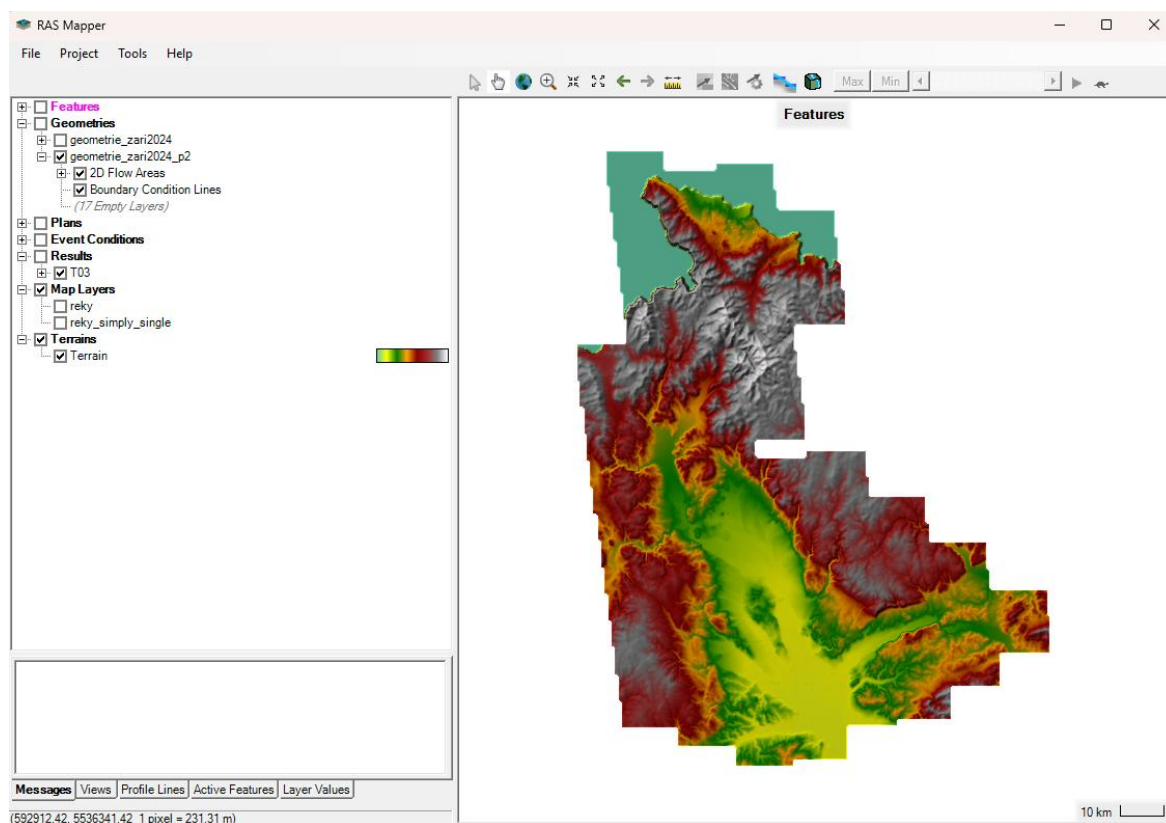
Původním záměrem bylo využití existujících datových sad zachycujících vývoj povodní ze září roku 2024. Vzhledem k jejich absenci bylo přistoupeno k vytvoření vlastní hydrodynamické simulace. Prvotní testování proběhlo v softwaru ArcGIS Pro, avšak tento nástroj se ukázal jako nevhodný z důvodu technického limitu maximálního rozlišení pro simulaci (2048 × 2048 px). Při aplikaci na rozsáhlé území Olomouckého kraje by toto omezení vedlo k nepřijatelné ztrátě detailů. Zásadním požadavkem bylo navíc využití detailního Digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G) jakožto podkladového povrchu. Z těchto důvodů byl pro modelování zvolen specializovaný software HEC-RAS.



Obrázek 19 Prostředí softwaru HEC – RAS

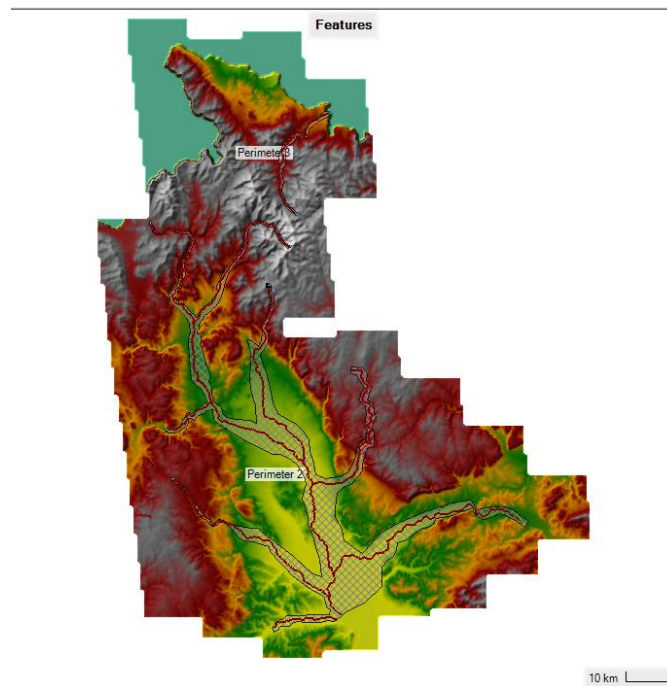
Vstupy a nastavení parametrů simulace

Konfigurace simulačního prostředí probíhala v modulu *RAS Mapper*. Výchozím vstupem pro výpočet simulace byl importovaný podkladový povrch DMR 5G disponující prostorovým rozlišením 2 × 2 m. Následně byla do modelu definována geometrie vybraných vodních toků, u nichž došlo v září 2024 k výrazným rozlivům, přičemž vektorová data říční sítě byla čerpána z databáze DIBAVOD.

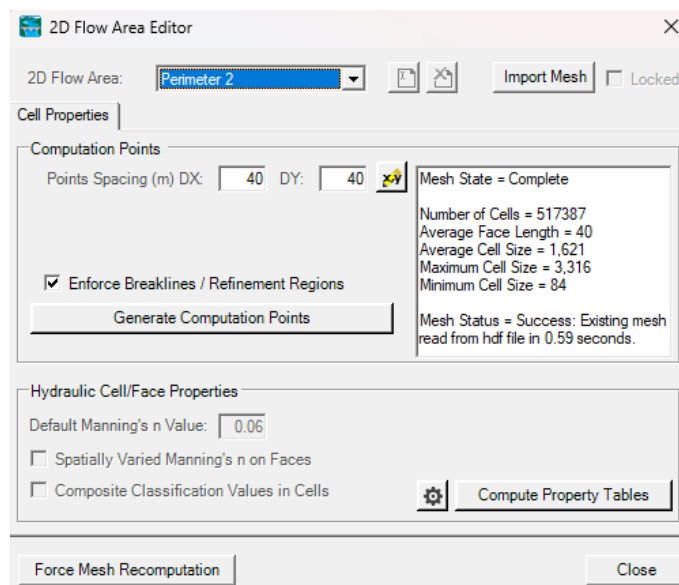


Obrázek 20 DMR 5G v RAS Mapper

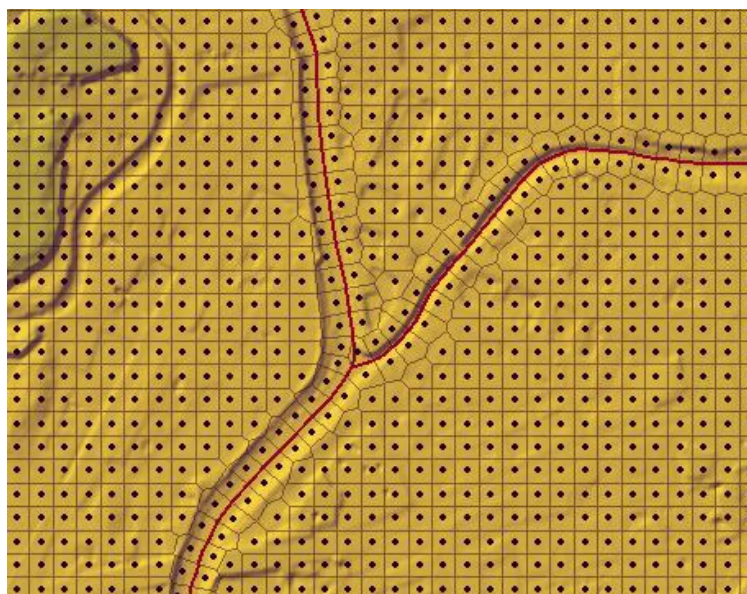
Podél těchto toků byly manuálně vymezeny výpočetní oblasti (tzv. *2D Flow Areas*), v jejichž rámci probíhal samotný výpočet. V těchto oblastech byla softwarem HEC-RAS vygenerována výpočetní síť (tzv. *mesh*) s definovanou velikostí buňky 40×40 metrů. Pro zajištění prostorově korektního usměrnění proudění vody byly do výpočetní sítě integrovány linie koryt (tzv. *Breaklines*). Dalším parametrem pro výpočet proudění v 2D modelu je stanovení drsnosti povrchu. Pro účely této simulace byla hodnota Manningova koeficientu drsnosti stanovena jednotně pro celé území na hodnotu 0,06, což odpovídá průměrnému zarostlému terénu.



Obrázek 21 2D Flow Areas

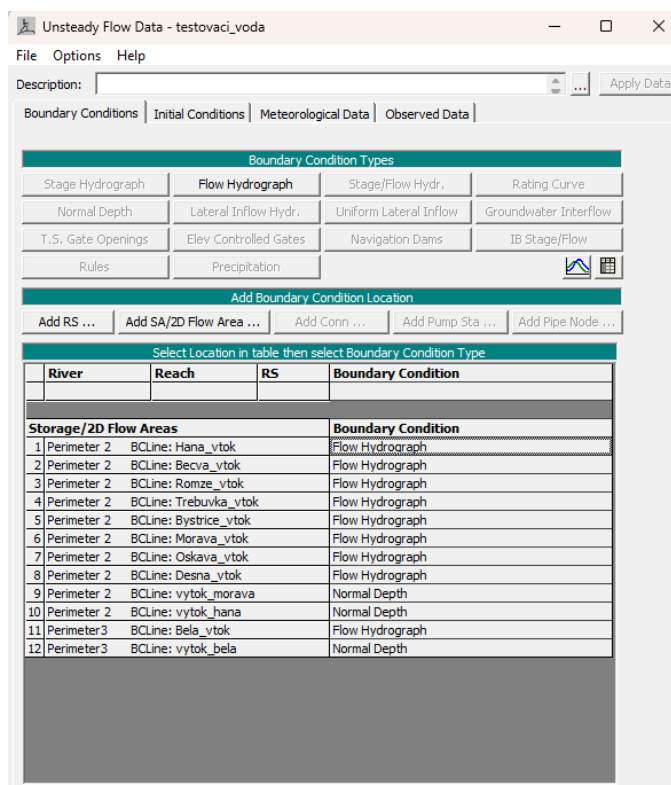


Obrázek 22 Nastavení parametrů Mesh



Obrázek 23 Definovaná koryta řek v Meshi

Další fází byla definice okrajových podmínek modelu (Boundary Conditions), konkrétně vtoku a odtoku vody. Pro definici přítoku byl zvolen parametr Flow Hydrograph a pro odtok parametr Normal Depth s hodnotou sklonu 0,002. Samotné číselné hodnoty těchto okrajových podmínek byly odhadnuty s asistencí velkého jazykového modelu Gemini. Primárním cílem této práce totiž nebyla exaktní hydrologická rekonstrukce události ze září 2024, nýbrž vytvoření vizuálně atraktivní a prostorově uvěřitelné vizualizace šíření povodňové vlny reliéfem Olomouckého kraje.



Obrázek 24 Nastavení přítoků a odtoků

Účel simulace a její limity

Je nezbytné zdůraznit, že primárním účelem této simulace nebylo exaktní hydrologické modelování, nýbrž vytvoření vizuálně atraktivní a prostorově uvěřitelné podkladové animace pro videomapping. Tento popularizační účel s sebou logicky nese řadu technologických a metodologických limitů. Mezi nejzásadnější omezení patří výrazná generalizace výpočetní sítě (z původních 2×2 m na 40×40 m), absence přesně naměřených průtoků pro okrajové podmínky a chybějící analytická kalibrace modelu. Oproti původnímu rozlišení modelu DMR 5G tak sice došlo k cílenému plošnému snížení prostorové podrobnosti, avšak toto zjednodušení vedlo k žádoucí optimalizaci výpočetní náročnosti a zkrácení doby výpočtu, což bylo pro potřeby audiovizuální tvorby klíčové.

Orientační validace výsledků

Časový rámec simulace byl stanoven na tři dny s krokem exportu po deseti minutách. Výsledné mapové vrstvy byly exportovány pomocí funkce Create Multiple Stored Maps a graficky zpracovány v ArcGIS Pro. Vzhledem k výše popsaným limitům plnila validace výsledné simulace pouze orientační funkci. Byla provedena výhradně formou vizuálního porovnání vytvořených rozlivů s oficiálními mapami záplavových území od Českého hydrometeorologického ústavu (*Záplavová území ČR*). Cílem tohoto srovnání bylo pouze vizuálně ověřit, zda simulovaná voda logicky kopíruje morfologii hlavních údolí, nikoliv plnohodnotně analyticky ověřovat hydrologickou přesnost plošného rozsahu či hloubky záplavy.

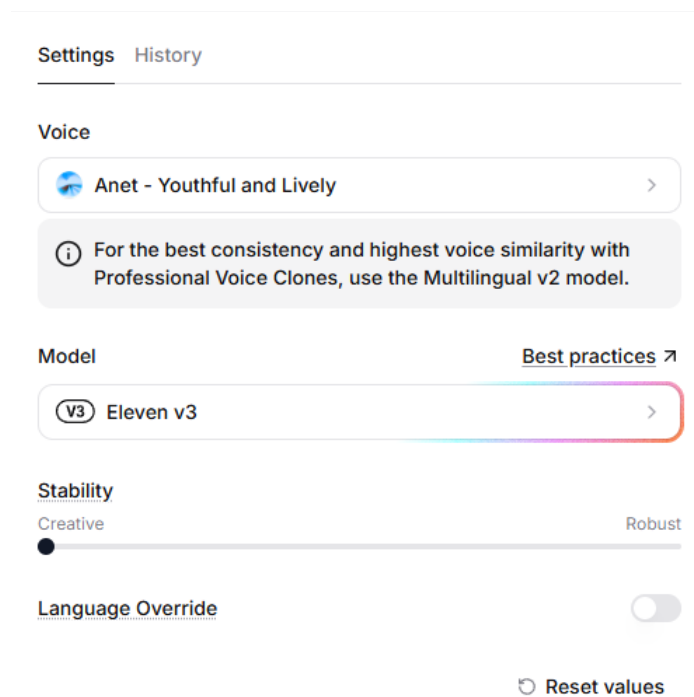
4.4 Audiovizuální postprodukce a využití umělé inteligence

K samotné audiovizuální postprodukci byl využit software DaVinci Resolve ve verzi 20, který umožňuje pokročilou barevnou korekci, střih obrazu a aplikaci dynamických vizuálních přechodů.

4.4.1 Generování komentáře videa

Hlasový doprovod (voiceover) k videím byl syntetizován prostřednictvím nástroje umělé inteligence ElevenLabs s využitím funkce Text to Speech (*Text to Speech | ElevenLabs*). Pro zajištění dostatečné kapacity generovaného textu a širší nabídky hlasových profilů byla pro účely bakalářské práce zakoupena licence úrovně Starter.

V nastavení parametrů generování byly zvoleny dva odlišné hlasové profily odpovídající cílovým skupinám: profil „Jana“ (definovaný jako vřelý, sebevědomý a profesionální) pro video určené laické veřejnosti a profil „Anet“ (mladistvý a živý) pro odborné publikum. Obě zvukové stopy byly vygenerovány za pomoci modelu Eleven Multilingual v3, který vykazoval nejvyšší míru přirozenosti projevu. Parametr stability (Stability) byl u obou hlasů nastaven na hodnotu Creative. Tento režim umožňuje modelu upřednostnit intonační variabilitu, bohatost projevu a celkově vyšší stylistickou úroveň, a to i přes mírně zvýšené riziko vzniku nežádoucích zvukových artefaktů (tzv. halucinací).



Obrázek 25 Nastavení funkce Text to Speech v prostředí ElevenLabs

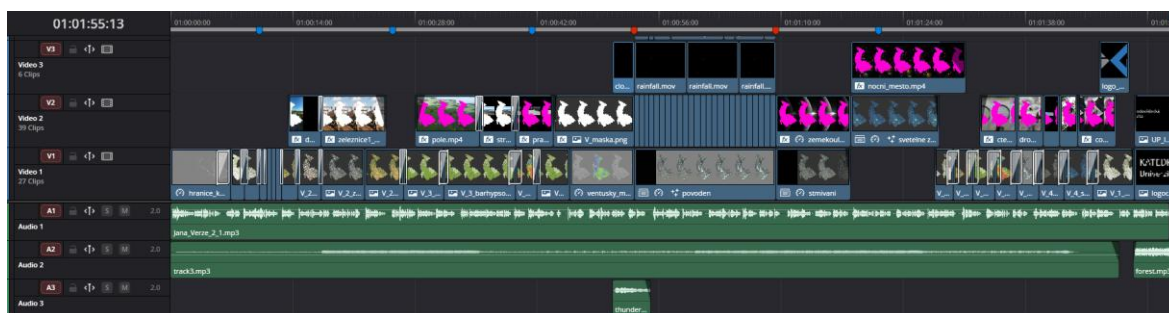
4.4.2 Postup práce v prostředí DaVinci Resolve

Postprodukční proces byl u obou videí zahájen importem vygenerované zvukové stopy komentáře, jež sloužila jako určující časová osa pro délku zobrazení jednotlivých tematických bloků. Na základě mluveného slova byly do projektu vkládány a časově upravovány jednotlivé datové vizualizace. Poté byly mezi jednotlivé scény aplikovány vizuální přechody zajišťující plynulost celého díla.

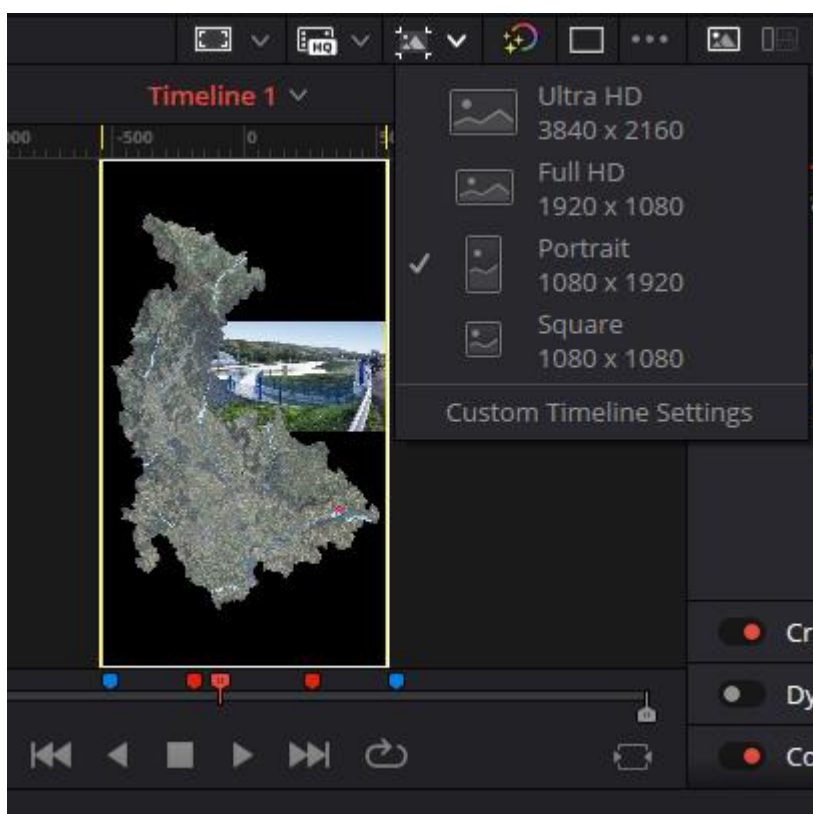
V další fázi proběhlo vytvoření obrazových masek pro podkresová videa a fotografie, které doplňovaly celkový vizuál. Zdrojem ilustračních videí byla veřejná fotobanka Pexels (*Free Stock Photos, Royalty Free Stock Images & Copyright Free Pictures · Pexels*), dokumentární fotografie zachycující povodňovou situaci byly čerpány z webového portálu Deník.cz (*Fotogalerie: Povodně v Česku (2024) - Deník.cz*). Následně byla na videozáznam přechodu atmosférické fronty, pořízený z webové platformy Ventusky (*Settings – Ventusky*), aplikována ořezová maska, jejímž účelem bylo prostorově omezit zobrazení tohoto jevu výhradně na území Olomouckého kraje.

Vzhledem k technické specifikaci cílového projekčního zařízení (vertikální orientace panelu) bylo rozlišení projektu i výsledného renderu nastaveno na 1080 × 1920 px, tedy do režimu na výšku (*Portrait*).

Závěrečnou fází postprodukčního procesu byla implementace dodatečných audiovizuálních efektů (VFX a SFX), jejichž účelem bylo umocnění celkové dynamiky a vizuální atraktivity výsledného díla. Veškeré použité efekty byly pořízeny z online databáze ProductionCrate (*ProductionCrate | 10,000 VFX Assets | Music + SFX | 3D Models | Plugins*). Za účelem získání přístupu k prémiovému obsahu a možnosti stažení většího objemu datových podkladů byla pro potřeby této práce zakoupena placená licence zmíněné platformy.



Obrázek 26 Časová osa videa



Obrázek 27 Režim Portrait v DaVinci Resolve

4.5 Kalibrace a prostorová projekce

Tato podkapitola se věnuje popisu technických specifik 3D modelu, projekčního hardwaru a následnému postupu kalibrace digitálního obrazu na fyzický reliéf.

Práce na 3D modelu

Výchozím krokem přípravy celé videomappingové instalace bylo přesné prostorové umístění fyzického 3D modelu do aktivního zorného pole projektoru. Model se skládá celkem z 66 dílčích segmentů a dosahuje přibližných rozměrů $2 \times 1,3$ m, což odpovídá měřítku 1 : 65 000 v souřadnicovém systému WGS 84 / UTM zone 33N. Vzhledem k tomu, že celková dostupná plocha projekce činí 160×255 cm a model v původním rozložení svými okraji částečně přesahoval hranice promítaného obrazu, byla nezbytná jeho prostorová korekce.

Uchycení modelu na vertikální kovové konstrukci je řešeno prostřednictvím magnetů připevněných k rubové straně jednotlivých segmentů. V rámci příprav bylo nutné původní magnety na všech dílech kompletně nahradit. Pro zajištění dostatečné nosnosti a stability

musely být na každý segment instalovány minimálně čtyři kusy. Aby se předešlo nežádoucímu posunu (skluzu) dílů po hladkém kovovém povrchu vlivem gravitace, byla kontaktní plocha magnetů opatřena vrstvou silikonového lepidla, jež výrazně zvyšuje povrchové tření.

Specifika projekčního prostředí

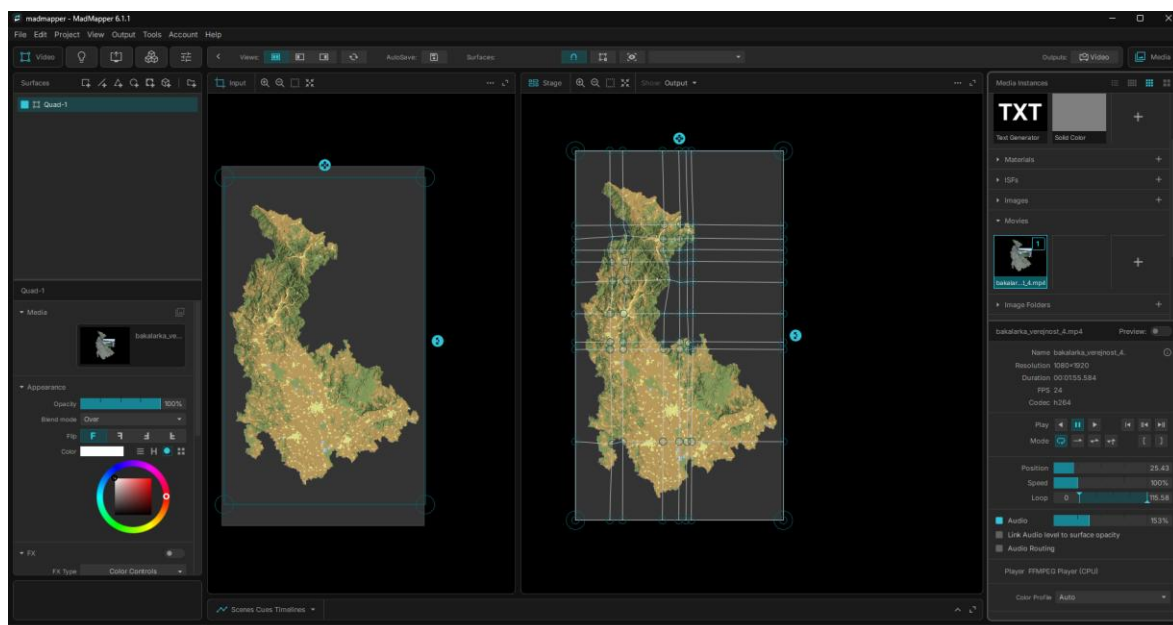
Jako zdroj projekce sloužil projektor EPSON EB-770F s technologií ultrakrátké projekční vzdálenosti (Ultra Short Throw), což je pro účely prostorových videomappingových instalací klíčový parametr. Zařízení je orientováno vertikálně (v režimu na výšku) s nativním rozlišením 1080 × 1920 px. Ze zadaných fyzických rozměrů promítaného obrazu (160 × 255 cm) a měřítka mapy (1 : 65 000) lze matematicky odvodit, že jeden pixel obrazu reprezentuje přibližně 80 metrů reálného území.

Stanovení optimálního měřítka a rozlišení pro export mapových kompozic z prostředí ArcGIS Pro předcházela série testovacích projekcí. Na základě jejich vizuální analýzy a promítnutí přímo na 3D model byly vybrány nejvhodnější exportní parametry. Zdrojová data byla záměrně exportována ve vyšším rozlišení, aby byla zachována dostatečná obrazová rezerva pro nevyhnutelný ořez, k němuž dochází při finální softwarové kalibraci obrazu na promítané prostředí.

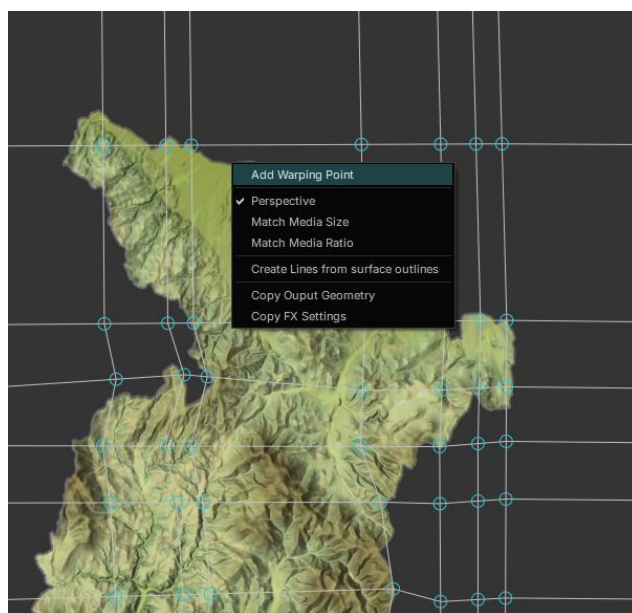
MadMapper

Závěrečná kalibrace a mapování obrazu na fyzický reliéf probíhala v softwaru MadMapper (verze 6.1.1), k němuž byla pro účely této práce zakoupena měsíční licence (Obrázek 28). K přizpůsobení obrazové vrstvy geometrii modelu byla využita funkce tzv. deformačních bodů (Warping points) (Obrázek 29), která umožňuje manuální lokální deformaci a zakřivení projekce tak, aby přesně kopírovala členitý tvar podkladového povrchu. Původní metodický záměr předpokládal import virtuálního 3D modelu reliéfu Olomouckého kraje ve formátu OBJ do projekčního softwaru, což mělo prostřednictvím automatického kalibračního algoritmu zajistit maximální prostorovou přesnost lícování obrazu. Tento automatizovaný proces se však z technických důvodů nepodařilo úspěšně inicializovat, a proto muselo být od tohoto postupu upuštěno.

Původní technologický záměr předpokládal přímý export prostorově zkalibrované projekce do standardního videoformátu. Během realizace se však zjistilo, že software MadMapper touto nativní funkcionalitou nedisponuje. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k alternativnímu řešení, jež spočívalo v záznamu prostorově přizpůsobeného obrazu prostřednictvím programu OBS Studio, který umožňuje bezztrátové nahrávání plochy obrazovky. Takto pořízené multimediální soubory lze následně reprodukovat v běžně dostupných softwarových přehrávačích.



Obrázek 28 Prostředí MadMapper



Obrázek 29 Warping Points

5 VÝSLEDKY

Hlavním výsledkem bakalářské práce jsou dvě videa v rozlišení 1080 x 1920 px, která jsou namapována na reálný 3D model Olomouckého kraje o přibližné velikosti 2 x 1,3 m a měřítku 1 : 65 000. Video pro širokou veřejnost, které má za cíl motivovat návštěvníky, například dnů otevřených dveří, aby se přihlásili ke studiu oboru Geoinformatika a kartografie má celkovou stopáž 1 minutu a 55 sekund (viz Tabulka 2). Druhé video, jež má za cíl přiblížit realitu povodní ze září 2024 má celkovou stopáž 1 minutu a 36 sekund (viz. Tabulka 3).

Obě vytvořená audiovizuální díla sdílejí jednotný vizuální a kompoziční rámeček. Samotná prostorová projekce dat na fyzický 3D model je synchronně doplňována o 2D obrazové a video materiály promítané na pozadí. Tyto dodatečné vizuální prvky plynule korespondují s mluveným komentářem a efektivně tak rozšiřují informační kontext jevů, které jsou aktuálně promítány na samotném reliéfu.

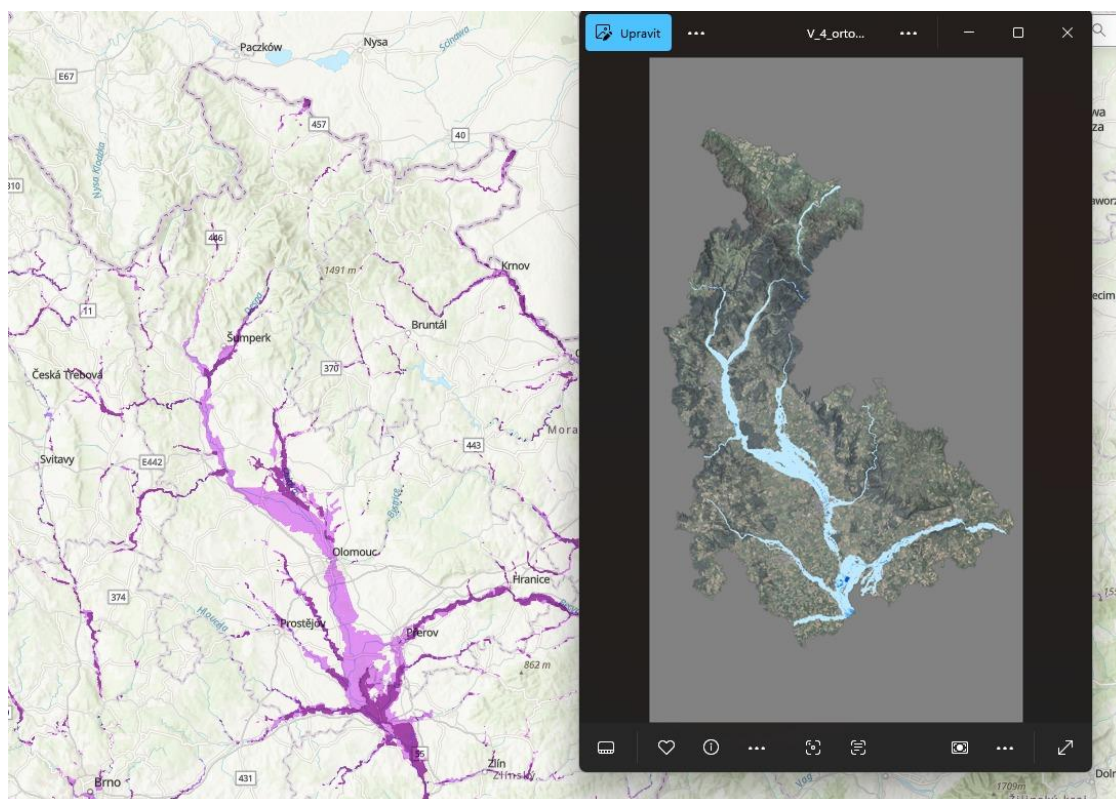
Obě videa se od sebe liší hlavně jejich obsahem komentáře (voice overu). Zatím co video pro laickou veřejnost zdůrazňuje proč je dobré obor geoinformatiky a kartografie studovat a co vše lze v tomto oboru vytvořit a jakým způsobem, video pro odbornější publikum se zaměřuje na vysvětlení reliéfu Olomouckého kraje a jeho specifík prostřednictvím chování vody v krajině (viz podkapitola 4.1.1 a 4.1.2). S tímto faktem souvisí i požití rozdílných AI hlasových modelů. Ve video pro laickou veřejnost je použit hlasový model s názvem „Jana“, který je definován jako vřelý, sebevědomý a profesionální. Zatím co ve video pro odborné publikum je použit hlasový model s názvem „Anet“, který je definovaný jako mladistvý a živý. Základní srovnání parametrů a obsahového zaměření obou vytvořených audiovizuálních děl je přehledně shrnuto v Tabulka 5.

Tabulka 5 Srovnání parametrů a obsahu výsledných videí

Kritérium	Video pro širokou veřejnost	Video pro odborné publikum
Délka videa (stopáž)	1:52	1:36
Cílová skupina	Potenciální uchazeči o studium (žáci ZŠ a SŠ), jejich rodiče, návštěvníci dnů otevřených dveří.	Středoškolští studenti geografie se základním povědomím o hydrologii a meteorologii.
Hlavní cíl	Propagace oboru, motivace ke studiu, upoutání pozornosti a vyvolání zájmu o geoinformatiku.	Edukace, analýza vlivu morfologie reliéfu na průběh meteorologických a hydrologických jevů.
Hlasový profil AI (ElevenLabs)	Profil „Jana“ – vřelý, sebevědomý a profesionální (navození důvěry).	Profil „Anet“ – mladistvý a živý (udržení pozornosti u odbornějšího výkladu).
Klíčová vizualizovaná data	Základní pokryv krajiny, dopravní infrastruktura, simulace povodní, světelné znečištění (antropogenní vlivy).	Typologie říční sítě (Morava vs. Bělá), srážkové normály (1991–2020), průběh povodní ze září 2024.

Kritérium	Video pro širokou veřejnost	Video pro odborné publikum
Celkové pojetí a charakter	Vizuálně atraktivní, celkově zjednodušené pro snazší pochopení, důraz na celkový estetický dojem.	Faktograficky nasycené, analytické, s důrazem na přesnou lokalizaci a prostorové souvislosti jevů.

Výsledky simulace povodní vytvořených pomocí softwaru HEC – RAS vypadají vizuálně velmi věrohodně. Správnost výsledku simulace byla porovnána s již existující statickou vizualizací povodní s oficiálními mapami záplavových území poskytovanými Českým hydrometeorologickým ústavem (*Záplavová území ČR*) (Obrázek 30). Hydrologická simulace sloužila jako podklad pro prostorovou animaci a popularizační vizualizaci. Nebyla zamýšlena jako náhrada odborného povodňového modelu.



Obrázek 30 Porovnání výsledku simulace s oficiální mapou záplavových území

Pomocí softwaru MadMapper a jeho funkcí Warping points se podařilo obraz přilnout na fyzický 3D model. Nicméně kvůli členitosti modelu, především v oblasti Jeseníku, a umístění projektoru dochází v některých oblastech k vrhání stínu modelem. Nicméně ze vzdálenosti odkud bude divák video sledovat a vzhledem k dynamičnosti videa, není možné tento nedostatek okem zachytit.

Výsledná audiovizuální díla, prostorově zkalibrovaná pro projekci na fyzický 3D model, byla zaznamenána prostřednictvím softwaru OBS Studio. Takto vytvořené multimediální soubory lze následně reprodukovat pomocí standardních softwarových přehrávačů na běžném přenosném počítači. Za účelem budoucí optimalizace a zjednodušení provozu celé videomappingové instalace je zvažována implementace dedikovaného hardwarového

přehrávače MiniMad. Toto řešení by zajistilo plně autonomní přehrávání projekce v nekonečné smyčce, čímž by se zcela eliminovala nutnost využití další externí výpočetní techniky.

Výstupy generované nebo konzultované pomocí AI byly autorem dále kontrolovány, upravovány a začleněny do práce na základě vlastního odborného posouzení.

6 DISKUZE

Nejvýraznějším limitem předložené práce je záměrná rezignace na exaktní hydrologické modelování zářijových povodní z roku 2024. Ačkoliv byla vzhledem k popularizačnímu účelu upřednostněna vizuální atraktivita a srozumitelnost, je nutné kriticky přiznat, že využití odhadů umělé inteligence (Gemini) pro definici okrajových podmínek v softwaru HEC-RAS zásadně devaluje vědeckou hodnotu simulace. Výsledná animace tak sice působí prostorově uvěřitelně, avšak u odbornějšího publika nese reálné riziko špatné interpretace skutečné dynamiky povodňové vlny. Z hlediska exaktní geoinformatiky jde o kompromis, který by byl pro čistě analytické či krizové účely naprosto neakceptovatelný.

Podobný ústupek se nachází i u kartografické přesnosti díla absencí standardních kompozičních prvků, jako je legenda či měřítko. Výstupy nelze považovat za mapy v pravém slova smyslu, což do jisté míry omezuje jejich informační hodnotu – divák (zejména ten odborný) nemá možnost kvantifikovat zobrazené jevy, například plošný rozsah rozlivů či úhrny srážek. Dalším výrazným zkreslením je aplikace výškového převýšení fyzického 3D modelu (faktor elevace 2). Ačkoliv byl tento krok nezbytný pro vizuální zdůraznění kontrastu mezi Jeseníky a Hanou, fyzikálně a topologicky deformuje proudění vody v projekci. Voda se tak ve vizualizaci pohybuje po svazích s nereálným sklonem, což opět posouvá dílo spíše do roviny umělecké instalace nežli exaktního geoinformačního výstupu.

Kritickému zhodnocení musí být podrobena i samotná metodika zpracování. Selhání pokusu o automatizované stahování výškopisných dat DMR 5G prostřednictvím ModelBuilderu z důvodu problémů s definicí prostorového rozsahu (extent) ukazuje na technologický limit zvoleného pracovního postupu. Uchýlení se k manuálnímu stahování dlaždic sice z časového hlediska situaci vyřešilo, nicméně z pohledu geoinformační praxe jde o krok zpět, který výrazně snižuje replikovatelnost a míru automatizace celého procesu.

Prvotní testování v softwaru ArcGIS Pro narazilo na striktní limit pro vstupní povrch, který činí 2048×2048 pixelů. Při aplikaci na rozlohu celého Olomouckého kraje by toto omezení vedlo k drastické ztrátě detailů reliéfu, a proto muselo být přistoupeno k alternativnímu softwarovému řešení v podobě programu HEC-RAS.

Značná rizika s sebou nesla také volba umělé inteligence ElevenLabs pro generování hlasového doprovodu. I přes nesporné výhody v podobě časové flexibility a možnosti úprav scénáře na poslední chvíli je nutné zmínit, že uměle generovaný hlas – zvláště při nastavení preferujícím kreativitu – postrádá přirozenou didaktickou práci s intonací a nese riziko chybné výslovnosti lokálních toponym.

V současné podobě je projekt koncipován jako striktně pasivní audiovizuální zážitek. Přestože výsledná díla naleznou uplatnění při propagačních akcích Katedry geoinformatiky, absence jakékoliv interaktivity představuje do budoucna zásadní omezení jejich edukačního potenciálu. Divák nemůže do simulace zasahovat, což omezuje jeho schopnost hlouběji pochopit prezentované hydrologické procesy. Pro skutečně efektivní využití 3D videomappingu ve výuce by bylo nezbytné transformovat statickou projekci na interaktivní systém – například implementací senzorů a fyzických objektů (např. modelu protipovodňové hráze), které by v reálném čase měnily parametry projekce jak uvádí ve své práci (Nikolakopoulou et al., 2022). Teprve spojení haptické interakce se zpřesněním vstupních dat na úroveň reálných historických měření by tento projekt posunulo od pouhého nástroje popularizace k plnohodnotné vědecko-edukační pomůcce.

Jako vysoce perspektivní směr případného navazujícího výzkumu se jeví realizace komparativního uživatelského testování. Hlavním cílem této studie by bylo objektivně zhodnotit efektivitu přenosu informací a empiricky porovnat, zda je dynamická vizualizace

prostorových jevů prostřednictvím fyzického 3D modelu pro diváka srozumitelnější a kognitivně přístupnější než tradiční prezentace dat v konvenčním 2D zobrazení.

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala využitím moderních audiovizuálních a geoinformačních technologií pro účely popularizace vědy. Hlavním vytyčeným cílem bylo vytvoření dvojice tematických audiovizuálních děl aplikovaných formou prostorového videomappingu na fyzický 3D model reliéfu Olomouckého kraje. Ústředním motivem obou projekcí se stala prostorová vizualizace zářijových povodní z roku 2024. Záměrem bylo demonstrovat široké veřejnosti i odbornějšímu publiku, jakým způsobem obory geoinformatiky a kartografie přistupují ke zpracování, analýze a prezentaci komplexních prostorových dat.

Realizace tohoto cíle vyžadovala propojení několika diametrálně odlišných softwarových a hardwarových přístupů. Prvotní fáze zpracování zahrnovala sběr, úpravu a vizualizaci rozsáhlých sad geodat, jako je Digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G), databáze krajinného pokryvu CORINE Land Cover či topografické a klimatické mapové vrstvy. Tato příprava probíhala primárně v prostředí softwaru ArcGIS Pro. Pro dosažení hlavního bodu práce – vizuálně atraktivní a prostorově uvěřitelné simulace šíření povodňové vlny – byl následně využit specializovaný hydrodynamický software HEC-RAS. Následný postprodukční proces v programu DaVinci Resolve spojil vyexportované prostorové analýzy s ilustračními materiály a dynamickými přechody. Inovativním krokem bylo využití umělé inteligence ElevenLabs pro generování odlišných hlasových profilů (voiceoverů), což umožnilo efektivně přizpůsobit celkové vyznění snímků cílovým skupinám. Samotná finální kalibrace obrazu na členitý fyzický 3D model proběhla v softwaru MadMapper, přičemž pro zajištění maximální provozní stability byla výsledná instalace nahrána prostřednictvím softwaru OBS Studio.

Výsledkem práce jsou dvě plně funkční, kalibrovaná a cíleně profilovaná videa. První audiovizuální dílo je koncipováno pro laickou veřejnost (potenciální uchazeče o studium a návštěvníky propagačních akcí). Využívá zjednodušenou vizualizaci, vřelý hlasový doprovod a kladě maximální důraz na celkový estetický vjem (tzv. wow efekt) a motivaci ke studiu. Druhé dílo, zacílené na středoškolské studenty s geografickým zaměřením, akcentuje odbornou terminologii, srážkové normály a detailní komparaci rozdílných hydrologických poměrů v rámci kraje.

Hlavní přínos této práce spočívá v jejím bezprostředním praktickém uplatnění. Vytvořená videomappingová instalace nezůstává pouze v rovině teoretického konceptu, ale stává se reálným, trvale využitelným popularizačním nástrojem. Práce zároveň prokazuje, že fúze tradičních geografických informačních systémů s moderními nástroji umělé inteligence a technologiemi prostorového mapování představuje vysoce efektivní cestu, jak přiblížit komplexní environmentální jevy – jako jsou například povodně – současné společnosti srozumitelnou a vizuálně poutavou formou.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ArcČR® 4.3 | Vybraná administrativní a statistická data o České republice., [online].
Dostupné z : <https://www.arcdata.cz/cs-cz/produkty/data/arccr>
[cit. 27 duben 2026].

BURIAN, Tomáš, 2021. Využitelnost technologie 3D tisku v geoinformatice.

CATANESE, R. *3D ARCHITECTURAL VIDEOMAPPING* [online].
Dostupné z : <http://www.cs.unc.edu/Research/stc/index.html>

CORINE Land Cover 2018 (vector/raster 100 m), Europe, 6-yearly — Copernicus Land Monitoring Service, [online].
Dostupné z : <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018#download>
[cit. 27 duben 2026].

ČÚZK: Geoportál, ORTOFOTO, [online].
Dostupné z : [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(145qq5kvwpzzihm5sey0poei\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=ortofoto&metadataID=CZ-CUZK-ORTOFOTO-R&productid=63410&mapid=83&menu=231](https://geoportal.cuzk.cz/(S(145qq5kvwpzzihm5sey0poei))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=ortofoto&metadataID=CZ-CUZK-ORTOFOTO-R&productid=63410&mapid=83&menu=231)
[cit. 27 duben 2026 a].

ČÚZK: Geoportál, ZTM50, [online].
Dostupné z : [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(145qq5kvwpzzihm5sey0poei\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy_ZTM50_sjtsk&metadataID=CZ-CUZK-ZTM50-SJTSK&mapid=2&head_tab=sekce-02-gp&menu=2251](https://geoportal.cuzk.cz/(S(145qq5kvwpzzihm5sey0poei))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy_ZTM50_sjtsk&metadataID=CZ-CUZK-ZTM50-SJTSK&mapid=2&head_tab=sekce-02-gp&menu=2251)
[cit. 27 duben 2026 b].

DERKACH, Svitlana et al., 2023. Video Mapping Technologies as Spatial Augmented Reality in the Artistic Process. *Preservation, Digital Technology and Culture*. Vol. 52, č. 2, s. 59–68. DOI 10.1515/pdtc-2023-0006.

FAN, Rong a HUANG, Tianqi, 2020. Video Mapping Based on 3D Printing Model of Building. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Vol. 675, s. 1547–1557. DOI 10.1007/978-981-15-5959-4_188.

FATTA, Francesca a FISCHNALLER, Franz, 2018. Enhancing cultural heritage exhibits in Museum Education: 3D Printing Technology : eo mapping and 3D printed models merged into immersive audiovisual scenography (FSJ-V3D Printing+MM Installation). *Proceedings of the 2018 3rd Digital Heritage International Congress, Digital Heritage 2018 - Held jointly*

with the 2018 24th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM 2018. DOI 10.1109/DIGITALHERITAGE.2018.8810056.

Fotogalerie: Povodně v Česku (2024) - Deník.cz, [online].

Dostupné z : <https://www.denik.cz/galerie/povodne-v-cr-15-zari.html>

[cit. 27 duben 2026].

Free Stock Photos, Royalty Free Stock Images & Copyright Free Pictures · Pexels, [online].

Dostupné z : <https://www.pexels.com/>

[cit. 27 duben 2026].

GRUNDHÖFER, A a IWAI, D, 2018. *Number 2 STAR-State of The Art Report*. .

Index of
/meteorology/products/grids_CZ/climate_normals/period_1991_2020/precipitation/13_Annual_1991_2020/, [online].

Dostupné z :
https://opendata.chmi.cz/meteorology/products/grids_CZ/climate_normals/period_1991_2020/precipitation/13_Annual_1991_2020/

[cit. 27 duben 2026].

Index of /nighttime_light/annual/v20, [online].

Dostupné z : https://eogdata.mines.edu/nighttime_light/annual/v20/

[cit. 27 duben 2026].

LIU, Yabin et al., 2023. An Improved Projector Calibration Method by Phase Mapping Based on Fringe Projection Profilometry. *Sensors*. Vol. 23, č. 3. DOI 10.3390/s23031142.

MILLAR, Garrett C. et al., 2018. Tangible Landscape: A hands-on method for teaching terrain analysis. In : *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. Association for Computing Machinery. 20 duben 2018. ISBN 9781450356206. DOI 10.1145/3173574.3173954.

NIKOLAKOPOULOU, Vasiliki et al., 2022. Conveying Intangible Cultural Heritage in Museums with Interactive Storytelling and Projection Mapping: The Case of the Mastic Villages. *Heritage*. Vol. 5, č. 2, s. 1024–1049. DOI 10.3390/heritage5020056.

PrirodníPomery/Klima (MapServer), [online].

Dostupné z :
<https://gis.nature.cz/arcgis/rest/services/PrirodníPomery/Klima/MapServer>

[cit. 27 duben 2026].

ProductionCrate | 10,000 VFX Assets | Music + SFX | 3D Models | Plugins, [online].

Dostupné z : <https://www.productioncrate.com/>

[cit. 27 duben 2026].

Settings – Ventusky, [online].

Dostupné z : <https://www.ventusky.com/precipitation-map/1-hour#settings&w=strong>
[cit. 27 duben 2026].

SCHMITT, Daniel, THÉBAULT, Marine a BURCZYKOWSKI, Ludovic, 2020a. *6 Projection Mapping and Automatic Calibration: Beyond a Technique.* .

SCHMITT, Daniel, THÉBAULT, Marine a BURCZYKOWSKI, Ludovic, 2020b. *4 Points of View: Origins, History and Limits of Projection Mapping 4.1. The origins of a movement towards alternative forms according to Romain Tardy 4.1.1. Origins and VJing.* .

Text to Speech | ElevenLabs, [online].

Dostupné z : <https://elevenlabs.io/app/speech-synthesis/text-to-speech>
[cit. 27 duben 2026].

VÚV T.G.Masaryka - Oddělení GIS - Struktura DIBAVOD, [online].

Dostupné z : <https://www.dibavod.cz/index.php?id=27>
[cit. 27 duben 2026].

Záplavová území ČR, [online].

Dostupné z : <https://chmi.maps.arcgis.com/apps/instant/sidebar/index.html?appid=34fa7f95912b4be3b9d8e3f856dac0ad>
[cit. 27 duben 2026].

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

Příloha 1 Poster

Příloha 2 Video pro širokou veřejnost přizpůsobené modelu

Příloha 3 Video pro odborné skupiny přizpůsobené modelu

Popis struktury a obsahu odevzdávaných digitálních dat na datové úložiště katedry

(struktura souboru .zip)

Digitální data obsahují data v těchto adresářích:

Text_Prace:

Loukota_BP.docx, Loukota_BP.pdf

Příloha 1:

Loukota_BP_video_veřejnost.mp4

Příloha 2:

Loukota_BP_video_odbornici.mp4

WEB:

loukota26

Poster:

Loukota_poster_BP.pdf, Loukota_poster_BP.jpg

Data:

Madmapper_project