

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**ANALÝZA POHLEDOVÉ EXPONOVANOSTI
KULTURNÍCH DOMINANT**

Bakalářská práce

Jakub LEDVINKA

Vedoucí práce prof. RNDr. Vilém PECHANEC, Ph.D.

Olomouc 2026

Geoinformatika a kartografie

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá analýzou pohledové exponovanosti významných kulturních dominant v kontextu ochrany krajinného rázu před negativními vlivy výškových staveb, zejména větrných elektráren. Cílem práce bylo navrhnout a otestovat metodický postup pro kvantifikaci viditelnosti a maskovací kapacity krajiny s využitím nástrojů geografických informačních systémů (GIS). Praktická část byla realizována na třech typologicky odlišných lokalitách: poutní kostel v Dubu nad Moravou, hrad Helfštýn a areál Mariánské Týnice. Analýzy byly provedeny paralelně v prostředích ArcGIS Pro a QGIS s využitím přesných digitálních modelů reliéfu a povrchu (DMR 5G, DMP OK). Práce představuje dva autorské nástroje pro komplexní hodnocení vizuálního dopadu a zahrnuje technologické srovnání obou softwarových platforem. Výsledky prokazují, že spolehlivost a míra shody výpočetních algoritmů zásadně závisí na členitosti terénu, což poukazuje na nutnost kritického přístupu při volbě softwarového řešení. Hlavním výstupem práce je syntetický model, který umožňuje efektivně identifikovat zóny vizuálního konfliktu a vymezit oblasti s vysokou absorpční schopností krajiny, čímž poskytuje objektivní podklad pro preventivní ochranu kulturního dědictví.

KLÍČOVÁ SLOVA

analýza viditelnosti; pohledová exponovanost; kulturní dominanty; GIS; prostorové modelování

Počet stran práce: 47

Počet příloh: 1

ANNOTATION

The bachelor thesis focuses on the analysis of visual exposure of significant cultural landmarks in the context of protecting the landscape character from the negative impacts of tall structures, particularly wind turbines. The aim of the work was to propose and test a methodological procedure for quantifying visibility and the landscape's absorption capacity using geographic information system (GIS) tools. The practical part was carried out in three typologically different locations: the pilgrimage church in Dub nad Moravou, Helfštýn Castle, and the Mariánská Týnice complex. Analyses were performed in parallel in ArcGIS Pro and QGIS environments using precise digital elevation and surface models (DMR 5G, DMP OK). The thesis introduces two custom tools for comprehensive visual impact assessment and includes a technological comparison of both software platforms. The results demonstrate that the reliability and degree of consensus between computational algorithms fundamentally depend on terrain complexity, highlighting the need for a critical approach when selecting a software solution. The main output of the thesis is a synthetic model that effectively identifies visual conflict zones and delineates areas with high landscape absorption capacity, thereby providing an objective basis for preventive protection of cultural heritage.

KEYWORDS

visibility analysis; visual exposure; cultural landmark; GIS; spatial modeling

Number of pages: 47

Number of appendixes: 1

Prohlašuji, že

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

- jsem si vědom(a), že na moji bakalářskou 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,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užívat (§ 35 odst. 3),

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

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

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské 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 prof. RNDr. Vilému Pechancovi, Ph.D., za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji Bc. Štěpánu Čechovi, který se společně s vedoucím práce podílel na tvorbě Python skriptů.

Za poskytnutá data děkuji Národnímu památkovému ústavu a Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu.

Bakalářská práce byla vypracována v rámci plnění Smlouvy o partnerství a vzájemné spolupráci mezi Národním památkovým ústavem a Přírodovědeckou fakultou Univerzity Palackého v Olomouci ev.č. 199/310/2024.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jakub LEDVINKA
Osobní číslo: R23626
Studijní program: B0532A330011 Geoinformatika a kartografie
Téma práce: ANALÝZA POHLEDOVÉ EXPONOVANOSTI KULTURNÍCH DOMINANT
Zadávající katedra: Katedra geoinformatiky

Zásady pro vypracování

Cílem práce je navrhnout a otestovat postup pro analýzu pohledové exponovanosti vybraných kulturních dominant v Olomouckém a Karlovarském kraji. Na základě formulovaného textového požadavku, student provede rozbor problému, navrhne posloupnost jednotlivých kroků (nástrojů a funkcí pro dílčí analýzy viditelnosti) a vhodná data pro získání co nejvíce věrohodného výsledku. U geodat bude posouzena jejich reprezentace, dostupnost pro celé území ČR, aktuálnost a kvalita. Následně své návrhy prakticky ověření na zadaném studovaném území. Funkční postup se pokusí částečně automatizovat. Text práce student zpracuje v souladu se závaznou šablonou pro kvalifikační práce KGL. 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:

Křesadlová, L., Pavlátová, M., Olšan, J., Ehrlich, M.: Metodika prostorové analýzy památky zahradního umění. Národní památkový ústav 2015, s. 45.
<http://www.nusl.cz/ntk/nusl-204295>
Metodický návod k vyhodnocení možnosti umístění větrných a fotovoltaických elektráren z hlediska ochrany přírody a krajiny. Věstník MŽP, částka 11, 11/2009, odstavec A.1.1 https://www.mzp.cz/web/edice/nsl/074CB74AC5515EECC12576720052136D/file/OVV-Vestnik_11-20091118.pdf
Sedláček, J., Salašová, A., Trpáková, L.: Metodika hodnocení vlivů na krajinné památkové zóny. Mendelova univerzita v Brně, Lednice 2015, s. 33. http://www.kpz-naki.cz/images/dokumenty/PUBLIKACE/2015/metodika_hodnoceni_vlivu_na_kpz/metodika.pdf
Vorel, I., Bukáček, R., Matějka, P., Culek, M., Sklenička P.: Metodika posouzení vlivu navrhované stavby, činnosti nebo změny využití území na krajinný ráz. Nakladatelství Naděžda Skleničková 2003. <https://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/31.pdf>
Visibility Analysis. https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc15/tech-workshops/tw_449-191.pdf
tutorials and blogs at esri.com (<https://learn.esri.com>)
indexované databáze

Vedoucí bakalářské práce: prof. RNDr. Vilém Pechanec, 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

V Olomouci dne 9. října 2025

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
Úvod	10
1 CÍLE PRÁCE.....	11
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
2.1 Teoretická východiska analýzy vizuálních vztahů v krajině	12
2.2 Problematika řešená v ČR	13
2.3 Problematika řešená v zahraničí	15
2.4 Datové sady pro tvorbu 3D povrchu	16
2.4.1 Digitální modely terénu	17
2.4.2 Datové možnosti pro zpřesnění	19
3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	22
3.1 Použité softwarové nástroje	22
3.2 Použité metody	22
3.2.1 Nástroje ArcGIS Pro.....	22
3.2.2 QGIS nástroje a pluginy.....	28
3.3 Použitá data.....	29
3.4 Zájmové území.....	29
3.5 Postup zpracování.....	31
3.5.1 Testování	31
3.5.2 Preventivní hodnocení viditelnosti a kulturních dominant	34
4 VÝSLEDKY	40
4.1 Vyhodnocení pohledové exponovanosti vybraných lokalit	40
4.1.1 Poutní kostel v Dubu nad Moravou	40
4.1.2 Hrad Helfštýn.....	43
4.1.3 Mariánská Týnice	46
4.2 Technologické zhodnocení GIS platforem	49
4.2.1 Kvantitativní odchylky ve výpočtech viditelností	49
4.2.2 Zhodnocení výpočetní náročnosti a stability	53
5 DISKUZE	54
6 ZÁVĚR	56
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE.....	56
PŘÍLOHY.....	59

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
AGL	Above Ground Level
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMP	Digitální model povrchu
DMR	Digitální model reliéfu
DMT	Digitální model terénu
GIS	geografický informační systém
KGI	Katedra geoinformatiky PřF UP
RÚIAN	Registr územní identifikace, adres a nemovitostí
SHP	Shapefile
ÚHUL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
UP	Univerzita Palackého
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ZÚ	Zeměměřický úřad

Úvod

Kulturní dominanty představují výrazné prvky krajiny a sídel, které hrají zásadní roli při formování identity místa a orientaci v prostoru. Jedná se zejména o historické památky, sakrální stavby, zámky, hrady či výrazné moderní objekty, jejichž vizuální působení přesahuje bezprostřední okolí a utváří celkový obraz krajiny či města. Jejich vnímání je však podmíněno nejen samotnou architekturou či významem, ale také tím, z jakých míst a v jakém rozsahu jsou pozorovatelné (Palmer, 2019).

V současné době se otázka viditelnosti a exponovanosti kulturních dominant dostává do popředí zájmu nejen v oblasti památkové péče a urbanismu, ale také v souvislosti s plánováním nové výstavby či umísťováním infrastrukturních záměrů do krajiny. Rozvoj sídelní struktury, dopravních staveb nebo energetických zařízení často mění tradiční obraz krajiny a může snižovat čitelnost a význam stávajících dominant. Analýza pohledové exponovanosti tak poskytuje podklady pro ochranu kulturních hodnot i pro citlivé navrhování nových zásahů.

Řešení tohoto tématu má silnou vazbu na oblast geoinformatiky, protože viditelnost a exponovanost lze efektivně vyhodnocovat pomocí nástrojů geografických informačních systémů (GIS). Viewshed analýza, digitální modely terénu a prostorové analýzy umožňují objektivně vymezit, odkud jsou kulturní dominanty v krajině viditelné, a modelovat dopady plánovaných změn na pohledové vztahy (Kemp, 2018). Geoinformatika tak poskytuje metodický rámec pro kvantifikaci vizuální exponovanosti, propojení s dalšími datovými vrstvami (např. památková ochrana, územní plánování) a podporu rozhodování v oblasti ochrany a rozvoje krajiny.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je navrhnout a otestovat postup pro analýzu pohledové exponovanosti vybraných kulturních dominant v Olomouckém a Karlovarském kraji. Na základě formulovaného textového požadavku, student provede rozbor problému, navrhne posloupnost jednotlivých kroků (nástrojů a funkcí pro dílčí analýzy viditelnosti) a vhodná data pro získání co nejvíce věrohodného výsledku. U geodat bude posouzena jejich reprezentace, dostupnost pro celé území ČR, aktuálnost a kvalita. Následně své návrhy prakticky ověření na zadaném studovaném území. Funkční postup se pokusi částečně automatizovat.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Teoretická východiska analýzy vizuálních vztahů v krajině

Krajinná dominanta

Kulturní dominanta krajiny je krajinný prvek či složka v krajině nebo dochované stopy kultivace krajiny, jejichž význam je nesporný z historického hlediska, architektury či jiného oboru lidské činnosti a které ve svém projevu převládajícím způsobem ovlivňují souhrn charakteristik daného místa či oblasti (Vorel a kol., 2003).

Krajinná dominanta je útvar nebo objekt uplatňující se v obraze krajiny a ovládající některou svou vlastností, zejména svojí hmotou či výškou charakter krajiny či širší panorama. Z hlediska původu lze rozlišit krajinné dominanty přírodní nebo stavební, i jejich kombinace. Z přírodních útvarů se jako krajinná dominanta uplatňuje zejména kopec nebo skála, hora či výrazný soliterní strom nebo soliterní skupina stromů. Velmi často tvoří krajinnou dominantu přírodní útvar v symbióze s objektem vytvořeným člověkem, např. kopec se zříceninou hradu, kříž na skále aj. Z objektů vytvořených člověkem bývá krajinnou dominantou zejména hrad, zámek, kostel, klášter, kaple, zámek, z mladších stavebních objektů viadukt železniční či silniční, most, výrobní areál, komín, vysílač, vodojem, rozhledna, větrná elektrárna. V případě konfliktu s kulturní nebo přírodní hodnotou krajiny může být krajinná dominanta i nežádoucím objektem (Dostálek a kol., 2014).

Významné krajinné dominanty – typické znaky, které mají v dané krajině zásadní význam, určují její charakter a hodnotu, změna takové přírodní (např. geologické útvary, významné prvky krajinné zeleně) či kulturní dominanty obvykle znamená změnu celého krajinného rázu v daném místě.

Stavební dominanty jsou cíleným, ale i náhodným vizuálním vyvrcholením hmotové skladby sídla. Velmi často je dominantní působení stavby podpořeno i jejím situováním ve vyvýšené terénní situaci, jak z důvodů výrazu nadřazenosti společenské a duchovní, tak z praktických důvodů, zejména obranných. Nelze opomíjet ani kompoziční záměry a cit pro začlenění a podtržení krajinných souvislostí při gradaci hmot významnějších souborů. Nejčastěji jde o dominanty vertikální, věžovité (věž kostela, radnice, brány, hradu aj.). ... Dominanty se sice zčásti mohou projevit i v půdorysném průmětu, ale jejich podstata spočívá zpravidla v jejich hmotě a výšce, a to i ve vazbě na morfologii terénu (Kuča a Kučová, 2015).

Obecně je za krajinnou dominantu považován prvek nebo složka krajiny, jež se v krajině nápadně projevuje převažující výškou, měřítkem, ale i významem. Kulturní dominanty jsou přímo jmenovaným zákonným pojmem a při jakémkoliv zásahu do krajinného rázu na ně musí být brán ohled. Přírodní dominantu bývá často osazena dominantní stavbou (např. kostela, rozhledny), která je kulturní dominantou. Typickým takovým spojením je hotel a televizní vysílač na hoře Ještěd, rozhledna z 19. stol. na Děčínském Sněžníku, zřícenina hradu Trosky, poutní kostel na Makové hoře apod. (Bukáček a kol., 2023)

Identita krajiny je vlastností krajiny, která vzniká spolupůsobením výrazného charakteru krajiny a čitelných stop kulturního a historického vývoje krajiny (Vorel a kol., 2003). Vysoké větrné elektrárny jsou svou výškou a dynamickým uplatněním natolik výrazné, že ovlivní charakter a identitu krajiny i ve vzdálenějších krajinných prostorech.

Pohledová exponovanost krajiny

Metoda hodnocení pohledové exponovanosti krajiny vychází z principů kauzálního hodnocení vlivu navrhovaného záměru na krajinný ráz, při kterém se již dnes standardně využívá hodnocení viditelnosti v prostředí GIS.

Vizuálně exponovaná je přitom ta část krajiny, která je vystavena vnímání většiny pozorovatelů.

Vizuální expozice je ovlivněná mimo jiné otevřeností/uzavřeností krajinné scény, reliéfem (horizonty, příkloněné části svahů), osluněním, působením vizuálních bariér (vegetace, zástavba, ale také znečištění ovzduší apod.) a frekvencí návštěvnosti prostoru.

Změny krajinného rázu v pohledově exponovaných prostorech mají obvykle velký dosah působení (z hlediska vlivu na rozsáhlá území a velký počet obyvatel).

Pohledově exponovaná území, která navíc vykazují zvýšenou přírodní, kulturně-historickou a/nebo estetickou hodnotu, jsou z hlediska ochrany krajinného rázu zranitelná a k jeho změnám málo odolná.

Respektování citlivosti krajiny a snížené odolnosti ke změnám je podmínkou udržitelného rozvoje území (*Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon). Evropská úmluva o krajině*).

Analýza viditelnosti

Analýza viditelnosti (*viewshed analysis*) je standardní geoprocessingová metoda využívaná k určení prostorů, které jsou viditelné z jednoho nebo více pozorovacích bodů. Princip je založen na vyhodnocování linie pohledu (*line of sight*) mezi pozorovatelem a každým hodnoceným bodem v digitálním modelu povrchu. Pokud na této linii není žádná terénní překážka, je daný bod klasifikován jako viditelný, jinak jako neviditelný. Výsledkem je binární nebo kvantitativní rastrová vrstva, která zobrazuje rozsah viditelného území. Výpočet probíhá nad pravidelnou mřížkou digitálního modelu terénu nebo povrchu, kde se postupně testuje průchodnost každé linie pohledu (Fisher, 1993). Tento princip je implementován v řadě GIS softwarů, například ArcGIS Pro nebo QGIS, a tvoří základ mnoha pokročilých analytických přístupů, včetně výpočtu vizuální exponovanosti nebo hodnocení krajinného rázu (Popelka, 2010).

2.2 Problematika řešení v ČR

Jedním z autorů, který dlouhodobě rozvíjí metody hodnocení viditelnosti a exponovanosti v krajině, je Jan Caha. Jeho práce se zaměřují zejména na rozšiřování klasických viewshed analýz a vývoj nástrojů pro detailnější popis vizuálních charakteristik krajiny. Klíčovým výstupem je vývoj nástroje *Line of Sight Analyst Toolbox* pro ArcGIS, který kromě standardního výpočtu viditelnosti umožňuje i analýzu horizontu, měření úhlové výšky, výpočet vzdáleností k horizontu a dalších odvozených indexů (Caha, 2017). Tím rozšiřuje možnosti standardních *viewshed* analýz směrem k detailnějšímu vyhodnocení vizuální dominance objektů v krajině.

Další oblastí výzkumu je reprezentace objektů v analýzách viditelnosti, zejména v urbanizovaném prostředí. V těchto pracích Caha využívá tzv. *reverse viewshed analysis* – tedy přístup, kdy je hodnocena viditelnost směrem k objektu, nikoliv z objektu ven. Tento přístup umožňuje přesněji určit vizuální exponovanost daného prvku v krajině, což je

významné například při hodnocení kulturních památek nebo dominant v městské krajině (Caha, 2016).

Významnou součástí výzkumu je také definice nových ukazatelů vizuální exponovanosti, zejména tzv. *Viewing Angle Difference Index*, který vyjadřuje relativní úhlovou výšku objektu vůči lokálnímu horizontu (Caha, 2018). Tento ukazatel lépe vystihuje subjektivní vnímání objektu v krajině než klasická binární viditelnost (viditelné/neviditelné) a lze jej využít i pro komparativní analýzy více objektů.

Caha se rovněž zabývá vlivem kvality vstupních dat na přesnost viditelnostních analýz. Ve spolupráci s dalšími autory analyzoval, jak aktualizace vstupních dat pomocí UAV a ALS ovlivňuje výsledky výpočtů. Studie prokázaly, že přesnost digitálního modelu povrchu má zásadní vliv na výslednou podobu map viditelnosti a tím i na hodnocení exponovanosti (Caha et al., 2020).

Kromě metodického vývoje se jeho práce zaměřují i na aplikaci těchto postupů v praxi – například při hodnocení dopadů stavebních záměrů do krajinného rázu nebo při vymezování pohledově exponovaných zón pro účely územního plánování a památkové péče (Caha, 2019). Zásadním přínosem těchto prací je přechod od čistě binárních výstupů viewshed analýz k vícerozměrnému vyhodnocení vizuálních vztahů mezi objektem a okolní krajinou.

Studie autorů K. Růžicková, J. Růžicka a J. Bitta (2021) představuje nový metodický přístup k analýze viditelnosti v digitálních modelech povrchu, který zohledňuje částečnou propustnost vegetace. Autoři vycházeli z poznatku, že standardní GIS nástroje umožňují pouze binární rozlišení viditelných a neviditelných oblastí, což neodpovídá reálným podmínkám. Nová metoda proto využívá kvazi-Monte Carlo simulaci se 100 iteracemi výpočtu viditelnosti, kde každá iterace reprezentuje 1 % propustnosti vegetace. Tím vzniká model umožňující výpočet plynulého spektra viditelnosti od 1 % do 100 %. Metoda byla testována na dvou územích univerzitního kampusu v Ostravě s využitím nástroje Viewshed v prostředí GIS a dat o vegetaci, jejichž propustnost byla určena z fotografií jednotlivých druhů stromů a keřů. Výsledky potvrdily, že nový přístup poskytuje realističtější výsledky než klasická binární analýza a je snadno implementovatelný v běžném GIS softwaru.

Řešené na katedře geoinformatiky

Jednou z prací, která se na katedře geoinformatiky věnovala problematice analýzy viditelnosti, je diplomová práce Stanislava Popelky (2010). Autor v ní využil software ArcGIS 9.3 s rozšířením *3D Analyst Tools*, konkrétně nástroje *Viewshed* a *Visibility*. Analýza byla založena na digitálním modelu terénu doplněném o prvky vegetace a zástavby, čímž vznikl digitální model povrchu reprezentující letní i zimní období. Pozorovací body byly definovány bodovou vrstvou s nastavenou výškou pozorovatele. Výstupem výpočtu byla rastrová vrstva binárního typu (1 = viditelné, 0 = neviditelné), která byla dále převedena do vektorového formátu a generalizována pro zobrazení v prostředí Google Earth.

Další z prací řešených na katedře geoinformatiky je diplomová práce Jana Doležala (2012), která se zaměřila na pokročilé analýzy viditelnosti, a to jak z hlediska výpočtu tras s nejlepším a nejhorším rozhledem do okolí, tak i hodnocení již existujících tras z hlediska jejich výhledových kvalit. Analýzy byly provedeny v prostředí ArcGIS 10. Klíčovým prvkem výpočtu byl rastr kumulovaných viditelností, který vznikl součtem viewshedů z jednotlivých pixelů zájmového území. Tento rastr byl následně využit jako nákladový rastr při výpočtu tras s maximálním a minimálním rozhledem (MVP a LVP), a to pomocí nástrojů

Cost Distance, *Cost Back Link* a *Cost Path*. Pro hodnocení existujících turistických a cyklotras byla provedena série výpočtů viewshed analýz po úsecích tras, přičemž se porovnávala varianta digitálního modelu terénu s a bez vegetace a zástavby. Výstupy byly vyjádřeny v relativních procentech viditelnosti podél jednotlivých tras a umožnily jejich vzájemné porovnání z hlediska atraktivity výhledů.

2.3 Problematika řešení v zahraničí

Aktuální trendy a budoucí směřování výzkumu viditelnosti v krajinném plánování shrnuje přehledová studie autorů Inglis a kol. (2022). Práce definuje zásadní koncepční posun od izolovaných analýz viditelnosti (viewsheds) k ucelenému hodnocení vizuální kvality krajinných scén, pro které zavádí termín „*viewsapes*“. Tento přístup vnímá vizuální prostor jako komplexní socio-ekologický systém, kde není hodnocena pouze geometrická viditelnost z jednoho bodu, ale celková estetická a funkční hodnota pozorovaného území. Studie zdůrazňuje nezbytnost integrace pokročilých 3D modelů s vysokým rozlišením a zohlednění dynamických prvků krajiny, jako jsou sezónní změny vegetace či vliv atmosférických podmínek. V kontextu ochrany kulturních dominant tento rámec umožňuje lépe pochopit nejen to, zda je památka viditelná, ale jakým způsobem se její obraz podílí na kognitivní a kulturní identitě dané krajiny.

Významný metodický posun v hodnocení vizuálních dopadů představuje studie Palmera (2022), která kriticky demonstruje standardní analýzy viditelnosti. Autor argumentuje, že tradiční binární mapy viewshedu (klasifikace viditelný/neviditelný) jsou pro potřeby plánování větrných parků nedostatečné, neboť nereflektují intenzitu lidského vnímání. Namísto prosté viditelnosti navrhuje koncept map vizuálního dopadu (VIA maps), které integrují kvantitativní indikátory, jako je vizuální velikost (procentuální podíl objektu v zorném poli) a vliv atmosférického oparu na kontrast pozorovaného prvku. Tento přístup umožňuje objektivně vymezit zóny, v nichž nová technická infrastruktura svou hmotou či výškou narušuje integritu stávajících krajinných dominant. Palmerovy závěry tak poskytují teoretický základ pro stanovení limitních vzdáleností a zorných úhlů, které jsou klíčové pro preventivní ochranu vizuálního kontextu kulturních památek před negativním vlivem výškových staveb.

Článek autorů Hongbin Kou, Lei Zhang a Shuang Zhang (2024) se zaměřuje na tvorbu metodického rámce pro hodnocení vizuálních dopadů (VIA) kulturního dědictví v prostředí světového dědictví Západního jezera v čínském Hangzhou. Autoři navrhují víceúrovňový systém indikátorů, který propojuje objektivní analýzu vizuální citlivosti se subjektivním vnímáním veřejnosti. Metodika kombinuje kvantitativní hodnocení faktorů, jako jsou relativní sklon, vzdálenost, pravděpodobnost viditelnosti a nápadnost krajiny, s kvalitativním hodnocením založeným na dotaznících a metodě AHP. Tento přístup umožňuje propojit expertní hodnocení s názory veřejnosti a zohlednit tak jak odborný, tak i sociální aspekt vizuálních dopadů.

Studie autorů Hengky Santosa, Agus Yudono, Ferdy Ramdhani Sutikno, Mochammad Syaiful Adhitama, Hadi Tolle a Eka Zuliana (2023) se zaměřuje na hodnocení viditelnosti historických městských dominant prostřednictvím kombinace fotografického průzkumu, isovistové a viewshed analýzy. Metoda byla aplikována na pět historických budov v indonéském městě Malang a hodnotila viditelnost objektů v různých vzdálenostech (50–175 m) na základě sekvenčních fotografií z pohledu chodců. Studie ukazuje, že kombinace sekvenčního fotografického mapování a isovistové analýzy je účinným nástrojem pro řízení a ochranu vizuálních kvalit historických městských prostředí.

Hodnocení vlivu větrných elektráren na kulturní a historické hodnoty

Implementace větrné energetiky do krajiny představuje specifický vizuální a prostorový konflikt, který je předmětem diskusí mnoha mezinárodních institucí. Větrné turbíny jsou ze své podstaty dominantní vertikální prvky, které mohou zásadně měnit měřítko krajiny a narušovat historické souvislosti.

Na úrovni ochrany světového dědictví se touto problematikou zabývá zpráva UNESCO, kterou zpracovala Weydt (2021). Autorka upozorňuje, že při plánování „energy transition“ je nezbytné chránit tzv. vizuální integritu (*visual integrity*) památek. Klíčovým nástrojem je zde vymezení ochranných pásem (*buffer zones*) a důsledné posuzování dopadů na dědictví (HIA), které musí brát v úvahu nejen fyzický zásah, ale i širší vizuální kontext památky.

Podobný přístup zastává i organizace English Heritage (2005), která ve své metodice pro větrnou energii zdůrazňuje koncept „prostředí památky“ (*setting*). Podle tohoto přístupu není hodnota historického objektu omezena jen na jeho fyzickou substanci, ale je spolutvořena i okolní krajinou a výhledy. Dokument nicméně uznává i princip „reverzibility“ – na rozdíl od jiných staveb lze větrné elektrárny po ukončení životnosti odstranit a krajinu uvést do původního stavu, což je při posuzování dopadů polehčující faktor.

Významným tématem v odborné literatuře je také přechod od subjektivního hodnocení k objektivizovaným modelům. Biasio a kol. (2018) ve své studii kritizují dosavadní praxi založenou často na „expertních názorech“, které mohou být vnímány jako arbitrární. Autoři navrhuji multikriteriální hodnotící modely, které by zahrnovaly jak technické parametry viditelnosti, tak sociální percepci krajiny, čímž by se snížila míra konfliktů mezi developery a ochránci krajiny.

Tuto potřebu jasných pravidel reflektují i starší, avšak stále citované italské směrnice autorů Di Bene a Scazzosi (2007). Ti definují konkrétní kritéria pro začlenění větrných parků do krajiny, přičemž varují před efektem „nasycení“ (*saturation*) území a vizuálním chaosem, který vzniká při nekoncepčním umisťování turbín bez ohledu na geomorfologii terénu.

Zatímco technické aspekty a hlukové limity jsou dnes již standardně řešeny v rámci procesů EIA (shrnuje ADEME, 2024), vizuální a estetický dopad na historickou krajinu zůstává nejnáročnější částí povolenáčního procesu, vyžadující kombinaci pokročilých vizualizačních metod a citlivého urbanistického plánování.

2.4 Datové sady pro tvorbu 3D povrchu

Základem pro analýzu viditelnosti je digitální výškový model. Přes relativně kvalitní zdroje výškopisu pro tvorbu DMT neexistují pro území ČR kompletní použitelná informace o výšce objektů. Pro reprezentaci pozorovacích míst byla použita vrstva bodů značící lomové body podél obrysu budovy.

2.4.1 Digitální modely terénu

Digitální modely reliéfu

Digitální model reliéfu představuje matematickou reprezentaci tvaru zemského povrchu bez objektů, jako jsou vegetace nebo stavby. Základním vstupem pro jeho tvorbu jsou zpravidla výšková měření nebo letecké snímkování, nejčastěji pomocí technologie LiDAR (*Light Detection and Ranging*). Výsledkem je pravidelná rastrová síť výškových hodnot (tzv. *grid*), která umožňuje přesné analýzy terénu, jako jsou výpočty sklonů, expozic či viditelnosti (ČÚZK, 2025a).

Digitální model reliéfu 4. generace

- DMR 4G je starší digitální model reliéfu vytvořený fotogrammetrickými metodami. Je poskytován ve formě rastru s rozlišením 5×5 m, s vertikální přesností přibližně $\pm 1,0$ m. Pokrývá celé území ČR a slouží zejména pro přehledové a orientační analýzy. Dnes je z velké části nahrazen přesnějším DMR 5G. Vytvořil a spravuje ČÚZK.

Digitální model reliéfu 5. generace

- DMR 5G je nejpresnější výškový model reliéfu v ČR. Je založen na TIN z dat leteckého laserového skenování a dostupný je i jako rastr s rozlišením 1×1 m. Vertikální přesnost činí přibližně $\pm 0,18$ m. Slouží k detailním analýzám terénu a viditelnosti. Vytvořil a spravuje ČÚZK.

EUDEM

- EU-DEM je digitální model reliéfu dostupný pro celé území EU. Vznikl fúzí dat z různých zdrojů, především ASTER GDEM a SRTM. Je poskytován jako rastr s velikostí pixelu 25 m a vertikální přesností ± 7 m RMSE. Vytvořil a spravuje European Environment Agency ve spolupráci s Copernicus Land Monitoring Service.

Digitální modely povrchu

Digitální model povrchu se od digitálního modelu reliéfu liší tím, že zachycuje nejen samotný terén, ale i všechny nadzemní objekty, například budovy, vegetaci, dopravní infrastrukturu či technické konstrukce (ČÚZK, 2025b).

Digitální model povrchu 1. generace

- DMP 1G je model povrchu založený na TIN z dat leteckého laserového skenování. Zachycuje terén i nadzemní objekty. Střední chyba výšky je přibližně 0,4 m u přesně ohraničených objektů (např. budovy) a 0,7 m u nepřesně vymezených objektů (např. lesy). Využívá se zejména pro analýzy viditelnosti a 3D modelování. Vytvořil a spravuje ČÚZK.

Digitální model povrchu České republiky z obrazové korelace

- DMP OK představuje zobrazení georeliéfu včetně všech přírodních a lidskou činností vytvořených objektů. DMP, vytvářený prvně z dat pořízených v roce 2024, vzniká metodou obrazové korelace leteckých měřických snímků pořízených primárně pro Ortofoto ČR. Datová sada je dostupná ve formě bodového mračna uspořádaného do pravidelné sítě ($0,2 \times 0,2$ m), a v rastrovém formátu ($0,5 \times 0,5$ m), který vzniká interpolací z bodového mračna.

WORLD DEM

- Airbus Defence and Space poskytuje komerční globální digitální model povrchu WorldDEM, vytvořený pomocí interferometrického radarového

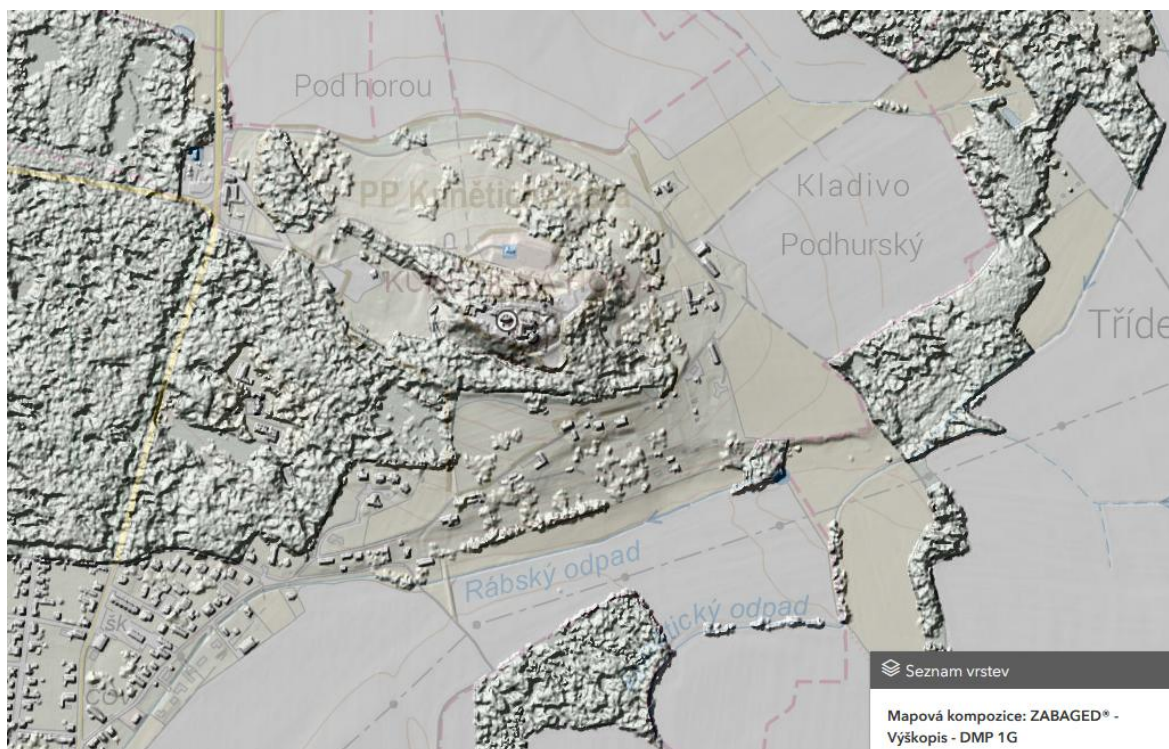
snímání (TanDEM-X). Model má prostorové rozlišení 12 m a vertikální přesnost přibližně ± 2 m (RMSE) a pokrývá téměř celé území světa.

JAXA's Global ALOS 3D World DSM

- Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) poskytuje globální digitální model povrchu ALOS World 3D, založený na radarovém družicovém snímání. Model pokrývá téměř celé území světa, má prostorové rozlišení 30 m a vertikální přesnost přibližně ± 5 m. Data jsou volně dostupná pro nekomerční použití.



Obr. 1: DMR-5G v oblasti Kunětické hory (zdroj: Geoportál ČÚZK).



Obr. 2: DMP-1G v oblasti Kunětické hory (zdroj: Geoportál ČÚZK).

2.4.2 Datové možnosti pro zpřesnění výškových poměrů

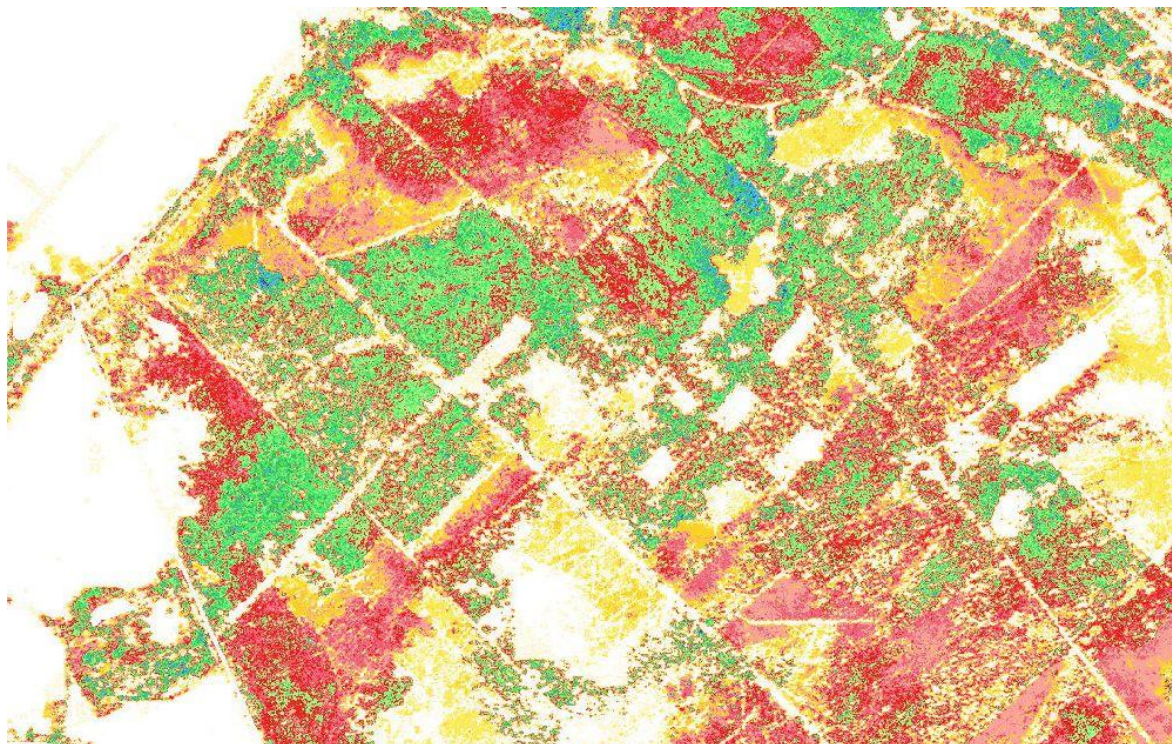
Lesní porost a vegetace

Pro modelování vegetačních překážek ve analýzách viditelnosti lze využít širokou škálu národních i mezinárodních datových sad různého rozlišení a přesnosti. Púdorys lesních ploch je možné získat z databáze ZABAGED, případně jej zpřesnit kombinací s daty OPRL nebo pomocí klasifikace satelitních snímků. Tato data pokrývají celé území ČR, jsou volně dostupná a pravidelně aktualizovaná, což z nich činí vhodný základ pro prostorové vymezení vegetace.

Pro výškové informace o porostech lze využít několik úrovní datových zdrojů. Na národní úrovni je dostupný produkt nDSM (normalizovaný digitální model povrchu) vytvořený Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů (dnes NLI), který poskytuje velmi přesná výšková data s rozlišením 2×2 m pro celé území České republiky. Každý pixel nese hodnotu výšky porostu nad terénem, což umožňuje realistické modelování vegetačních bariér (Hron, 2016). Ještě detailnější informace je možné získat z lesních hospodářských plánů (LHP), které obsahují údaje o výšce pro každý porost, avšak jsou přístupné pouze se souhlasem vlastníků lesa. Pro orientační účely lze využít také výškové kategorie z databáze ZABAGED. Na mezinárodní úrovni je k dispozici například dataset *ETH Global Sentinel-2 Canopy Height 2020* od ETH Zurich s rozlišením 10 m, pokrývající celé území ČR zdarma. Dále lze využít produkty *Global Canopy Height Maps* (Tolan, 2024) s rozlišením 1 m, Lang et al. (2022) nebo Pauls et al. (2025) s rozlišením 10 m, které umožňují pokročilé modelování výšek vegetace, a v případě datasetu *Pauls* také sledování jejího vývoje v čase. Doplňkově

je možné využít evropský produkt *High Resolution Layer Tree Cover Density (Copernicus)*, který poskytuje informaci o hustotě porostu a zápoji v rozlišení 20 m.

Pro detekci holin a změn ve vegetaci lze využít například produkt detekce těžeb z NLI nebo vlastní výpočty na základě *Enhanced Vegetation Index (EVI2)* z dat Sentinel. Hustotu porostu lze kvantifikovat pomocí *Leaf Area Index (LAI)*, který poskytuje doplňující informaci pro realistické modelování průhlednosti vegetace ve viewshed analýzách. Kombinací těchto vrstev lze získat velmi detailní vegetační model vhodný pro jak regionální, tak lokální analýzy viditelnosti.



Obr. 3: Náhled dat nDSM. (zdroj: NLI)

Budovy a antropogenní objekty

Stejně jako vegetace představují i budovy a další umělé objekty významnou překážku v krajině a hrají klíčovou roli v prostorových analýzách viditelnosti. Pro půdorys budov jsou k dispozici kvalitní národní datové zdroje, zejména databáze ZABAGED a katastru nemovitostí (RÚIAN/ISKN), které nabízejí polygonové vymezení staveb na úrovni celé České republiky. Pro rozsáhlejší území je možné využít také evropský dataset *Copernicus Urban Atlas*, který poskytuje generalizované zastavěné plochy, vhodné spíše pro regionální analýzy (Ehrlich a kol., 2025).

Nejpřesnější informace o výšce budov poskytuje národní produkt 3D Budovy spravovaný ČÚZK, který zahrnuje modely budov v úrovni detailu LoD1 (Level of Detail) a LoD2 s přesností v řádu decimetrů. Tyto modely jsou ideální pro detailní lokální analýzy v městském prostředí nebo v okolí kulturních památek. Alternativně lze využít i DMP 1G, který zahrnuje terén, vegetaci i budovy, avšak vyžaduje jejich oddělení, pokud má být výpočet viewshed analýzy cílený.

Na globální a evropské úrovni je možné využít povrchové modely od Tolan et al. (2024) s rozlišením 1 m nebo Pauls et al. (2025) s rozlišením 10 m, které zahrnují jak vegetaci, tak

budovy. Pro účely analýzy je zde ovšem vhodné vegetaci a zastavěná území separovat pomocí masky, případně kombinovat s daty Urban Atlas. Tyto produkty se hodí zejména pro regionální analýzy a mezinárodní srovnání. Doplněním mohou být data z OpenStreetMap, která pokrývají budovy, komunikace a další umělé objekty po celém světě s proměnlivou přesností.

3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

3.1 Použité softwarové nástroje

ArcGIS Pro

Pro zpracování prostorových dat a provedení analýz byl využit software *ArcGIS Pro* verze 3.6 od společnosti Esri. Jedná se o desktopovou GIS aplikaci umožňující práci s vektorovými i rastrovými daty, správu databází, vizualizaci a pokročilé prostorové analýzy. Byly použity nástroje z toolboxu *3D Analyst Tools* a *Spatial Analyst Tools*.

QGIS

V rámci rešerše a analýz byl využit open-source software QGIS ve verzi 3.44.9.

3.2 Použité metody

3.2.1 Nástroje ArcGIS Pro

Geodesic viewshed

Nástroj Geodesic Viewshed určuje, které buňky povrchového rastru jsou viditelné z jednoho či více bodů pozorovatele. Jak název napovídá, pro výpočet využívá geodetické metody, které přesně zohledňují zakřivení zemského povrchu, a je tak ideální pro analýzy na velké vzdálenosti nebo při použití globálních datových sad.

Pro analýzu vyžaduje dva hlavní vstupy (Tab. 1): výškový rastr (jako DMR nebo DMP) a vrstvu pozorovacích bodů (která může být tvořena body, multipointy nebo liniemi).

Nástroj dokáže produkovat různé typy výstupů. Výsledkem může být buď rastr četnosti (kde hodnota buňky udává, kolika pozorovateli je viditelná), nebo rastr pozorovatelů (který identifikuje viditelné oblasti pomocí jedinečného ID pozorovatele, propojeného přes výstupní tabulku).

Nástroj také umí pracovat s nejistotou výškových dat (pomocí parametru *Vertical error*). Pokud je tato nejistota definována, výstupem četnosti se místo prostého součtu stává rastr pravděpodobnosti viditelnosti.

Volitelně lze také vygenerovat výstupní rastr AGL (*Above Ground Level*). Ten pro aktuálně neviditelné buňky udává, jakou minimální výšku je třeba k buňce přidat, aby se stala viditelnou (viditelné buňky mají hodnotu 0). Pokud je při AGL analýze zohledněna i vertikální chyba, výsledný AGL rastr bude třívrstvý (průměr, minimum a maximum potřebné výšky).

Nástroj je v ArcGIS Pro dostupný v sadách nástrojů *Spatial Analyst Tools* i *3D Analyst Tools*.

Tab. 1: Parametry nástroje *Geodesic viewshed*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Vstupní rastr	in_raster	Rastr s výškovými daty (např. DMR, DMP).
Vstupní pozorovací body	in_observer_features	Vrstva s pozorovacími body (point, multipoint, polyline).
Výstupní rastr	out_raster	Hlavní výstupní rastr viditelnosti.
Analysis type	analysis_type	Určuje typ analýzy (četnost FREQUENCY nebo identifikace OBSERVERS).
Vertical error	vertical_error	Míra nejistoty (RMS chyba) výšek. Pokud je > 0, výstup je pravděpodobnostní.
Refractivity coefficient	refractivity_coefficient	Hodnota lomu viditelného světla ve vzduchu (standardně 0.13).
Surface offset	target_height	Výška objektu, který má být pozorován (přičte se k výšce terénu).
Observer elevation	observer_elevation	Výška pozorovatele nad mořem. (Pokud není zadán, bere se z rastru).
Observer offset	observer_height	Výška přidaná k Observer elevation (např. výška očí pozorovatele).
Inner radius	inner_radius	Minimální vzdálenost ("slepá zóna"), od které se počítá viditelnost.
Outer radius	outer_radius	Maximální vzdálenost, do které se vyhodnocuje viditelnost.
Horizontal start angle	horizontal_start_angle	Počáteční úhel horizontálního zorného pole (0 = sever).
Horizontal end angle	horizontal_end_angle	Koncový úhel horizontálního zorného pole (0 = sever).
Vertical upper angle	vertical_upper_angle	Horní vertikální úhel zorného pole (vzhledem k horizontu).
Vertical lower angle	vertical_lower_angle	Dolní vertikální úhel zorného pole (vzhledem k horizontu).
Analysis method	analysis_method	Metoda výpočtu (ALL_SIGHTLINES - přesná, ale pomalá; PERIMETER_SIGHTLINES - rychlejší).

Output AGL raster	out_agl_raster	(Volitelný výstup) Rastr minimální výšky potřebné pro zviditelnění.
-------------------	----------------	---

Visibility

Určuje, které části rastrového povrchu jsou viditelné z daných pozorovacích bodů, nebo naopak — ze kterých míst na povrchu jsou tyto pozorovací body vidět. Oproti *Geodesic viewshed* je analýza založena na planární geometrii (nebere v úvahu zakřivení Země, se zvětšujícím územím se zvyšuje případné nepřesnosti). Vstupní i výstupní parametry jsou identické s *Geodesic viewshed* (viz Tab. 1).

Na testovacích datech (20 km buffer kolem kostelu v Dubu nad Moravou) u typu analýzy *Observers* nebyly nalezeny výrazné rozdíly oproti *Geodesic viewshed*, doba výpočtu byla výrazně kratší (*cell size* 50 m — *Visibility* 16 s, *Geodesic viewshed* 6 min 10 s).

Viewshed

Určuje, které části rastrového povrchu jsou viditelné ze zvolených pozorovacích bodů. Stejně jako nástroj *Visibility* využívá pro analýzu planární geometrii. Z výše uvedených nástrojů je *Viewshed* nejjednodušší a nejméně modifikovatelný nástroj. Před spuštěním analýzy lze nastavit pouze vstupní rastr a pozorovací body, výstupní rastr a *AGL*, dále lze nastavit pouze *Z factor* a *Cell Size*.

Intervisibility

Nástroj vyhodnocuje viditelnost mezi dvojicemi vrcholů ve vstupní vrstvě přímek (*Sight Lines*) na základě překážek definovaných 3D objekty a povrchy (*Obstructions*, například multipatch, TIN, rastr nebo scene layer). Vstupní parametry viz Tab. 2.

Při spuštění se vstupní vrstva přímek upraví přidáním nebo aktualizací pole (standardně *VISIBLE*), jehož hodnota bude 1 pro viditelné a 0 pro blokové spoje.

Tab. 2: Parametry nástroje *Intervisibility*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Vstupní linie	in_line_features	Přímky (sight lines) spojující pozorovatele a cíl.
Překážky	obstructions	3D objekty (multipatch), které mohou blokovat výhled.
Viditelné pole	visible_field	Atribut (0/1) indikující, zda je spoj blokován.

Construct Sight Lines

Nástroj *Construct Sight Lines* v prostředí *3D Analyst Tools* v *ArcGIS Pro* vytváří liniové prvky (*sight lines*) spojující zadané body pozorovatele s cílovými objekty, přičemž na výstupu vzniká vektorová vrstva; volitelně lze zvolit výškové pole pro pozorovatele a cíl, vybrat vzdálenost vzorkování po obvodu cílových prvků (parametr *Sampling Distance*).

Tab. 3: Parametry nástroje *Construct Sight Lines*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Body pozorovatele	in_observer_points	Bodová vrstva s pozicemi pozorovatelů.
Cílové objekty	in_target_features	Prvky, ke kterým se sight lines konstruuji.
Vzdálenost vzorkování	sampling_distance	Interval pro odběr bodů po obvodu cíle.

Line of Sights

Nástroj *Line of Sight* z rozšíření *3D Analyst* v *ArcGIS Pro* vyhodnocuje viditelnost mezi pozorovatelem (počáteční bod linie) a cílem (koncový bod), přičemž vstupem jsou linie a výškový povrch (např. rastr, TIN nebo terrain). Linie mohou být 2D i 3D, přičemž výšky lze upravit pomocí offsetů. Výstupem je linie rozdělená na viditelné a neviditelné úseky s atributy, které indikují, zda je cíl viditelný (*TarIsVis*) a zda byla překážka detekována (*OBSTR_MPID*). Volitelně lze vytvořit bod s místem první překážky (*Output Obstruction Point*). Pro rozsáhlejší území je možné aktivovat korekce zakřivení Země a refrakce, pokud jsou k dispozici vhodné Z-jednotky a projekce.

Tab. 4: Parametry nástroje *Line of Sights*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Vstupní povrch	in_surface	Výškový povrch (rastr, TIN, terrain).
Vstupní linie	in_line_features	Liniové prvky propojující pozorovatele a cíl.
Korekce zakřivení	curvature_correction	Volitelná korekce zakřivení a refrakce.
Výstupní body	out_obstruction_feature_class	Volitelný bodový výstup v místě první překážky.

Observer Points

Identifikuje, které z omezené sady maximálně 16 pozorovacích bodů jsou viditelné z jednotlivých buněk výškového rastru. Výsledná rastrová hodnota kóduje viditelnost vůči konkrétním pozorovatelům a volitelně může zahrnovat i korekci zakřivení Země a refrakce.

Tab. 5: Parametry nástroje *Observer Points*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Vstupní rastr	in_raster	Vstupní výšková data.
Pozorovací body	in_observer_points_features	Bodová vrstva (maximálně 16 bodů).
Korekce zakřivení	curvature_correction	Zapnutí opravy o zakřivení Země a refrakci.

Skyline

Nástroj generuje 3D linii představující horizont nebo siluetu objektů z perspektivy pozorovatele na základě výškového povrchu či 3D modelů. Umožňuje nastavení azimutálního rozsahu i detailu zobrazení a pro rozsáhlá území podporuje korekci zakřivení Země a atmosférické refrakce. Výstupní segmentovanou linii lze využít k další analýze původu obrysu nebo k tvorbě siluet

Tab. 6: Parametry nástroje *Skyline*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Body pozorovatele	in_observer_features	Pozice, ze kterých se horizont generuje.
Vstupní povrch	in_surface	Povrch nebo 3D objekty tvořící horizont.
Maximální vzdálenost	maximum_horizon_radius	Dosah analýzy horizontu.

Skyline Barrier

Vytváří prostorovou bariéru ve formě 3D multipatch objektu mezi pozorovatelem a linií horizontu. Nástroj umožňuje definovat minimální a maximální poloměr či výšku základny a volitelně uzavřít bariéru do úplného objemu. Výsledek slouží primárně ke kvantifikaci vizuálního krytí nebo stínění objektů v pohledu pozorovatele.

Tab. 7: Parametry nástroje *Skyline Barrier*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Pozorovatel	in_observer_point_features	Bod pozorovatele.
Skyline linie	in_features	Vstupní linie horizontu nebo silueta.
Uzavřená bariéra	closed	Volba vytvoření uzavřeného 3D objemu.

Skyline Graph

Slouží ke kvantifikaci viditelnosti oblohy z konkrétního bodu na základě předchozího výstupu z analýzy *Skyline*. Výsledkem je polární graf a tabulka úhlů, které umožňují přesně určit procentuální podíl viditelné oblohy oproti okolnímu terénu či zástavbě.

Tab. 8: Parametry nástroje *Skyline Graph*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Skyline linie	in_line_features	Výstup z nástroje <i>Skyline</i> .
Výstupní graf	out_graph	Polar graf viditelnosti oblohy.

Sun Shadow Frequency

Počítá četnost výskytu stínu pro každou buňku terénu v zadaném časovém období na základě 3D objektů a výškového rastru. Výstupem je rastrová vrstva, kde hodnota pixelu reprezentuje počet zastínění v rámci definovaných časových intervalů a zón.

Tab. 9: Parametry nástroje *Sun Shadow Frequency*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Vstupní objekty	in_features	3D modely (multipatch) vrhající stín.
Časový interval	time_step_interval	Krok, ve kterém se počítá poloha slunce.

Výstupní rastr	out_raster	Počet zastínění každého pixelu.
----------------	------------	---------------------------------

Sun Shadow Volume

Generuje 3D multipatch objekty, které modelují prostorový objem stínu vrženého objekty v konkrétním datu a čase. Stíny jsou konstruovány jako uzavřené objemy směrem k pozici slunce a obsahují atributy o slunečních úhlech a zdrojových prvcích.

Tab. 10: Parametry nástroje *Sun Shadow Volume*

Parametr	Název v Python kódu	Stručný popis
Vstupní objekty	in_features	Multipatch objekty vrhající stín.
Čas a datum	date_time	Specifikace sluneční geometrie pro výpočet.
Výstupní objem	out_feature_class	Multipatch reprezentující 3D stín. +1

3.2.2 QGIS nástroje a pluginy

Viewshed

Metoda využívá algoritmus *GDAL (gdal:viewshed)* a vypočítá binární rastrový výstup, kde každý pixel označuje, zda je zvolený pozorovací bod viditelný (standardně hodnota 255) či nikoli (0). Lze nastavit výšku pozorovatele, cíle, maximální vzdálenost, úhel zakřivení Země a refrakci, a výstup může být také módu „DEM“ či „GROUND“, tedy minimální výška cíle nutná k viditelnosti pixelu.

Visibility Analysis Plugin

Tento plugin (verze 1.9, QGIS 3.x) poskytuje složité analýzy, včetně klasického viewshedu, hloubky pod horizontem (*depth below horizon*) a generování intervisibility sítí. Podporuje i hromadné výpočty pro více pozorovatelů s možností nastavení azimutu, výškových úhlů, minimální/vnitřní vzdálenosti a korekce zakřivení/refrakce.

LoS Tools Plugin (Line of Sight)

Plugin *LoS Tools* (verze 2.1 QGIS 3.40–3.99) se zaměřuje na výpočet přímé viditelnosti mezi dvěma body. Umožňuje tvorbu a analýzu *LoS*, identifikaci horizontálních bodů, linií či profilů terénu podél *LoS*. Je ideální pro bod-k-bodové zkoumání (např. kontroly viditelnosti mezi objekty).

3.3 Použitá data

Pro realizaci bakalářské práce byly využity volně dostupná data a data neveřejná, zprostředkována NPÚ.

Digitální modely terénu

Pro prostorové modelování viditelnosti a výpočet limitních výšek byly využity dva základní výškové modely v rastrovém datovém formátu TIFF. Prvním z nich byl Digitální model povrchu (DMP OK), jenž do analýz vstupoval v prostorovém rozlišení 10 m. Druhým využitým podkladem byl Digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G), jenž byl pro účely výpočtů zpracován v prostorovém rozlišení 20 m. Zatímco první model sloužil pro identifikaci přímé viditelnosti se zohledněním reálných překážek v krajině, druhý model byl aplikován primárně pro výpočty terénního stínu a minimálních nutných výšek (AGL).

Vektorová data

Lokalizace a geometrická definice chráněných kulturních dominant byla v analytických nástrojích zajištěna prostřednictvím bodových vektorových vrstev (formát SHP), jež byly pro účely práce poskytnuty Národním památkovým ústavem (NPÚ). Vstupní data se skládala ze dvou dílčích vrstev. První vrstvu tvořily geografické středy památek (centroidy), doplněné o výšku památky, které sloužily jako primární referenční cíle pro vymezení zájmového území. Druhou vrstvou byla sada pozorovacích bodů, které byly distribuovány podél exaktního půdorysu jednotlivých památek. Prostřednictvím této detailní bodové sítě byl v modelech přesně vystižen skutečný tvar a prostorová dispozice objektů, což umožnilo modelovat výhledové poměry nejen z teoretického středu, ale z celého reálného rozsahu stavby.

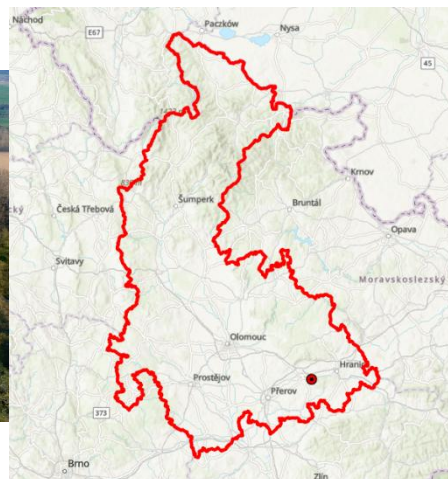
3.4 Zájmové území

Zájmová území byla určena již při zadání bakalářské práce. Konkrétně se jednalo o 3 zájmové lokality a okolí o poloměru 20 km. Z Olomouckého kraje byl vybrán kostel Očišťování Panny Marie v Dubu nad Moravou a zřícenina hradu Helfštýn. Třetí lokalitou byla Mariánská Týnice v Plzeňském kraji.

Hrad Helfštýn

Hrad Helfštýn se nachází v katastrálním území obce Týn nad Bečvou v okrese Přerov, Olomoucký kraj. Hrad je situován na zalesněném hřebeni severního výběžku Oderských vrchů v nadmořské výšce přibližně 320 m n. m. a výrazně vystupuje nad údolí řeky Bečvy, což z něj činí výraznou krajinnou dominantu.

Území je charakteristické členitým reliéfem s výrazným převýšením mezi údolím řeky Bečvy a okolními hřebeny. Krajinnou strukturu tvoří především lesní porosty, zemědělské plochy a drobné sídelní útvary (např. obce Týn nad Bečvou, Lipník nad Bečvou, Tupec aj.). Významným prvkem je také dopravní infrastruktura, zejména silnice I/35 a železniční trať vedená údolím Bečvy, které představují hlavní trasy pozorování objektu z veřejného prostoru.

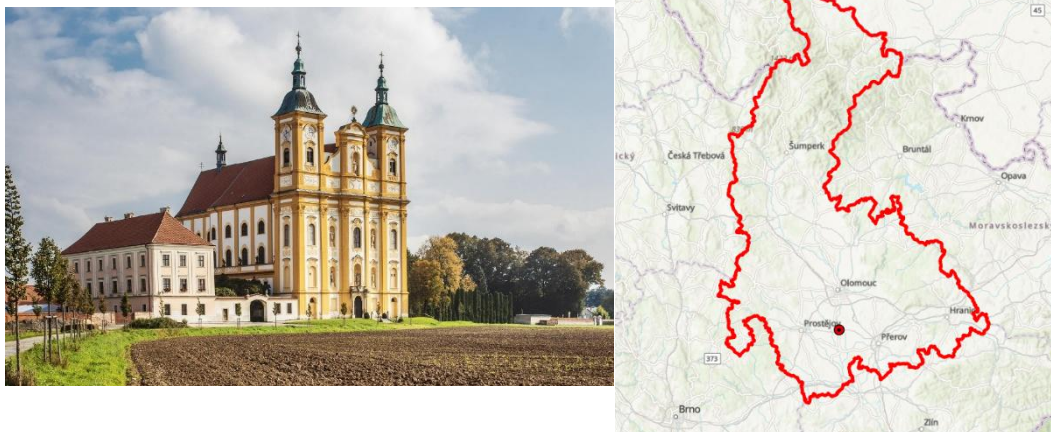


Obr. 4: Lokalita zříceniny hradu Helfštýn. (zdroj:(vlevo) dnesvyletujeme.cz, (vpravo) vlastní zpracování)

Kostel Očišťování Panny Marie

Barokní poutní chrám Očišťování Panny Marie se nachází v centrální části obce Dub nad Moravou, okres Olomouc, Olomoucký kraj. Kostel je umístěn na mírně vyvýšeném místě v otevřené zemědělské krajině s nadmořskou výškou kolem 210 m n. m. Díky absenci výrazných terénních překážek má výraznou vizuální dominanci a je pozorovatelný z velké vzdálenosti (NPÚ, 2025a).

Krajinu tvoří rozsáhlé zemědělské plochy, rozptýlená vegetace a síť silnic II. a III. třídy. Díky rovinatému charakteru území jsou hlavní pozorovací osy vedeny především podél dopravní infrastruktury a volných polních cest, které umožňují široké rozhledy na chrám. Významným kompozičním prvkem je dominantní věž kostela, která se stává klíčovým orientačním bodem v krajině.

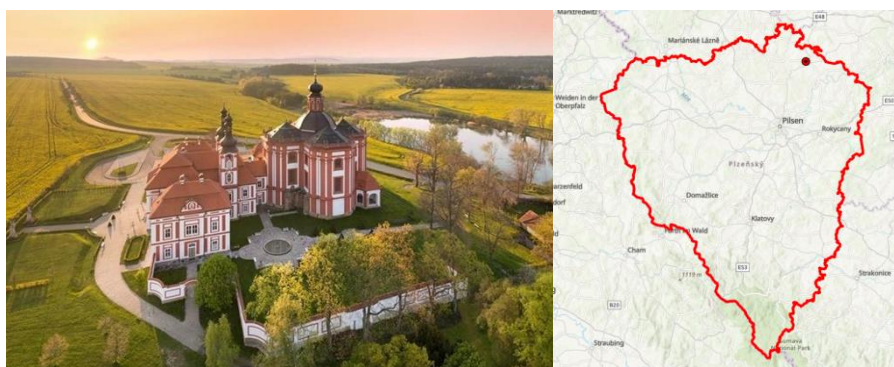


Obr. 5: Lokalita kostela Očištění Panny Marie v Dubu nad Moravou. (zdroj:(vlevo) kudyznudy.cz, (vpravo) vlastní zpracování))

Mariánská Týnice

Kostel Zvěstování Panně Marii nacházející se v katastrálním území Mariánský Týnec (obec Kralovice), okres Plzeň-sever, Plzeňský kraj. Objekt stojí na mírně vyvýšeném návrší při silnici spojující Kralovice s Plzní a tvoří výrazný barokní krajinný akcent v jinak otevřené zemědělské krajině (NPÚ, 2025b).

Krajinu tvoří převážně orná půda, rozptýlená zeleň, drobná sídla a silniční síť, které umožňují pozorování objektu z různých směrů a vzdáleností. Významné vizuální osy vedou především po regionálních komunikacích a turistických trasách, které poskytují pohledy na monumentální architekturu areálu.



Obr. 6: Lokalita kostela Zvěstování Panny Marie v Mariánské Týnici. (zdroj:(vlevo) kudyznudy.cz, (vpravo) vlastní zpracování))

3.5 Postup zpracování

3.5.1 Testování

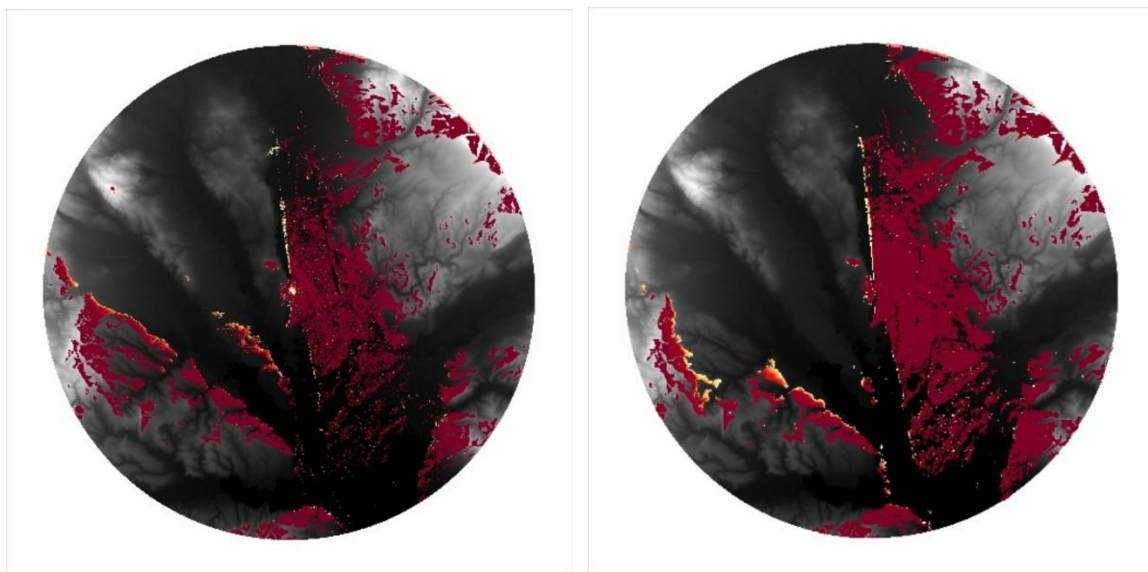
V první fázi bylo nutné definovat velikost pixelu pro nadcházející analýzy. Pro testování byl použit DMR 5G. Testování proběhlo způsobem, který co nejlépe simuloval potřeby finální analýzy. Nejprve byly zvoleny objekty (zřícenina hradu Helfštýn a kostel v Dubu nad

Moravou), reprezentovány bodem a polylinií, kolem kterých byla následně provedena analýza Geodesic Viewshed, parametry viz Tab. 11. Pro vyhodnocení byla stěžejním kritériem doba potřebná k provedení analýzy a zároveň poměr mezi dosaženou přesností a časovou efektivitou její realizace. Finální volba rozlišení rastru resp. Celkového nastavení nástroje byla provedena ve spolupráci s pracovníky NPÚ.

Tab. 11: Nastavení analýz *Geodesic viewshed*

Lokalita	Input Raster	Input Feature	Buffer (km)	Cell Size (m)	Observer Offset (m)	Elapsed Time
Helfštýn	DMR 5G	point	20	100	1,7	0:00:07
Helfštýn	DMR 5G	point	20	10	1,7	0:07:24
Helfštýn	DMR 5G	point	20	5	1,7	1:02:07
Helfštýn	DMR 5G	polyline	20	100	1,7	0:00:22
Helfštýn	DMR 5G	polyline	20	10	1,7	5:11:51
Dub	DMR 5G	point	20	100	1,7	0:00:07
Dub	DMR 5G	point	20	10	1,7	0:08:32
Dub	DMR 5G	point	20	5	1,7	1:03:14
Dub	DMR 5G	polyline	20	100	1,7	0:00:25
Dub	DMR 5G	polyline	20	10	1,7	7:19:54

Do analýzy vstupovaly 2 fixní parametry, 20km buffer definující oblast analýzy a *Observer offset* 1,7 m simulující výšku člověka stojícího na objektu. Později byla jako reprezentace objektu použita pouze polylinie z důvodu přesnosti a realističnosti analýzy. Měnicím se parametrem byl *Cell size*, po testovacích analýzách bylo rozhodnuto používat pro další analýzy velikost pixelu 10 m. Tato hodnota byla dostatečně přesná a zároveň nevyžadovala příliš dlouhý výpočetní čas analýzy, oproti *Cell size* 5 m.



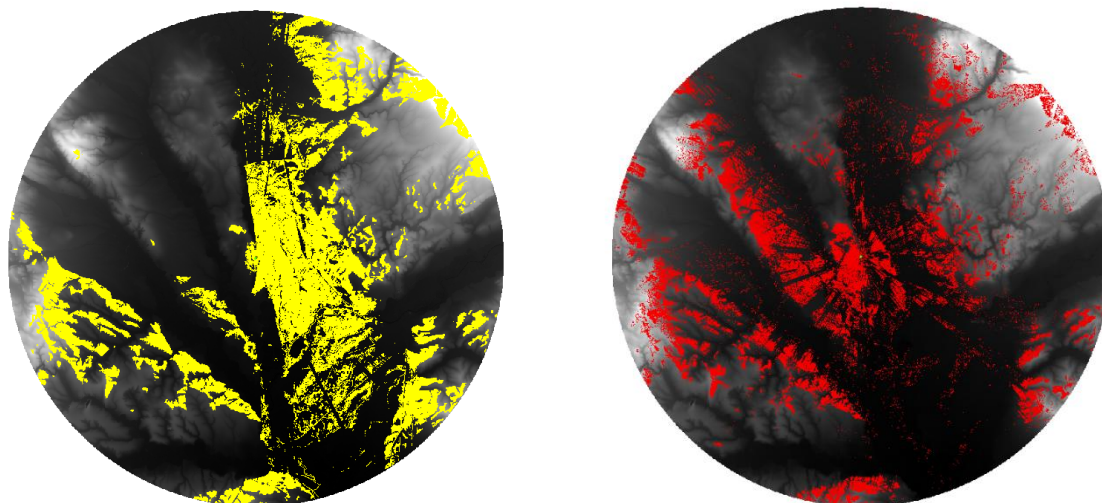
Obr. 7: Porovnání viditelnosti v rozlišení 10 m (vlevo) a 100 m (vpravo) na příkladu kostela v Dubu nad Moravou. (zdroj: vlastní zpracování, podklad ČÚZK)



Obr. 8: Přibližné porovnání viditelnosti v rozlišení 10 m (vlevo) a 100 m (vpravo) na příkladu kostela v Dubu nad Moravou. (zdroj: vlastní zpracování)

DMR 5G vs DMP OK

V rámci testování byly použity 2 výškové modely, DMR 5G a DMP OK. Analýza byla pro oba výškové modely nastaveny identicky, *Input Feature Polyline*, *Cell size 100 m*, *Observer feature 1,7 m*. Díky rozdílné reprezentaci povrchu se výsledky analýzy výrazně liší (viz Obr. 11), některá území byla vidět pouze na DMR 5G a jiné na DMP OK. Co se příliš nelišilo byl celkový čas proběhnutí analýzy, který byl o 8 % delší u DMP OK. Pro další analýzy byl zvolen DMP OK, jelikož pro analýzu pouhý reliéf není dostačující a je třeba, aby se zde projevil prvky jako budovy, lesní porost atd., čímž DMR 5G nedisponuje.



Obr. 9: Výsledek analýzy *Geodesic viewshed* z DMR 5G (vlevo) a DMP OK (vpravo). (zdroj: vlastní zpracování, podklad ČÚZK)

3.5.2 Preventivní hodnocení viditelnosti a kulturních dominant

Pro specifické potřeby ochrany kulturního dědictví před negativními vlivy výškových staveb byla v rámci odborné činnosti NPÚ rozpracována metodika preventivního hodnocení (Ehrlich a kol., 2025). Tento přístup je primárně zaměřen na zachování vizuální integrity památkových hodnot v kontextu krajinného rázu. V metodice nejsou posuzovány pouze obecné parametry viditelnosti, nýbrž jsou definovány tři specifické prostory (sféry) potenciálního konfliktu, které jsou následně podrobeny detailní analýze realizované v ArcGIS Pro a QGIS.

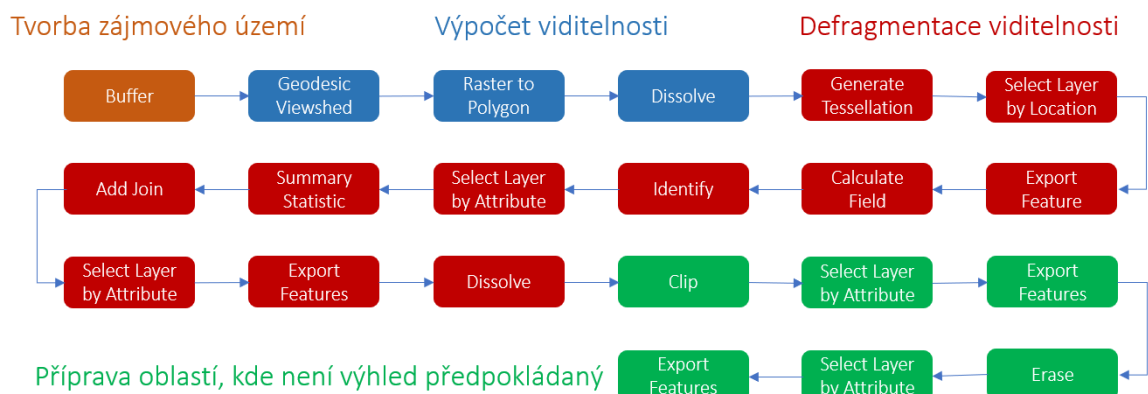
Pro automatizaci a standardizaci výpočetních procesů v prostředí ArcGIS Pro byly použity python skripty (uživatelské rozhraní viz Obr. 13 a Obr. 15), které byly vyvinuty „externě“ (autoři: prof. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D. a Bc. Štěpán Čech). Pro automatizaci ekvivalentních postupů v open-source prostředí QGIS byl autorem práce v integrovaném nástroji *Graphical Modeler* sestaven vlastní model (Obr. 11).

Analýza výhledu na dominantu

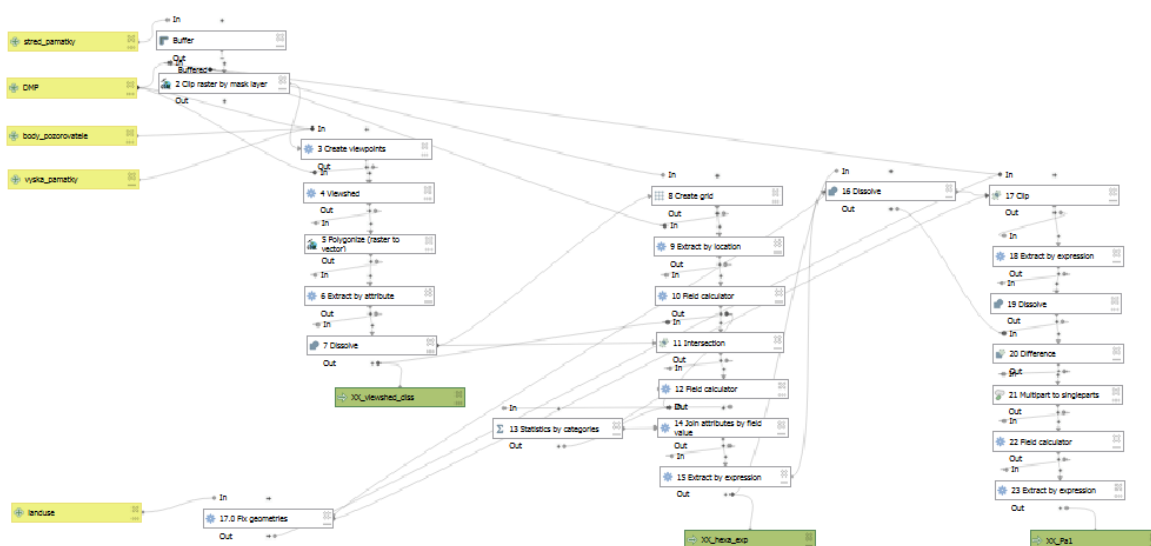
Pro prostorové modelování této první sféry byl využit analytický nástroj, který je v rámci této práce dále označován jako *P1* (Obr. 10). V této fázi je posuzováno riziko umístění větrné elektrárny do prostoru, který tvoří bezprostřední popředí nebo pozadí v hlavních pohledových osách směřujících na kulturní dominantu. Je zkoumáno, zda by nová technická infrastruktura vizuálně nepřekryla historický objekt, případně zda by nedošlo k rušivému zásahu do jeho charakteristické siluety. Cílem analýzy je identifikovat a eliminovat situace, kdy by byl degradován primární dálkový pohled na památku, který je často nositelem její symbolické hodnoty v krajině.

Metodika je založena na principu vzájemné viditelnosti, kdy je analyzována viditelnost přímo z dominanty, neboť plocha viditelná z tohoto bodu odpovídá ploše, odkud je dominanta pozorovatelná. V rámci modelování nebyla posuzována viditelnost celého objektu od paty, nýbrž pozornost byla zaměřena na horních 40 % jeho výšky, což představuje část definující objekt v panoramatu. Z výsledného modelu jsou následně

odečteny plochy, které nejsou reálně využitelné pro pozorování, typicky se jedná o lesní pozemky či jiné vizuální bariéry.

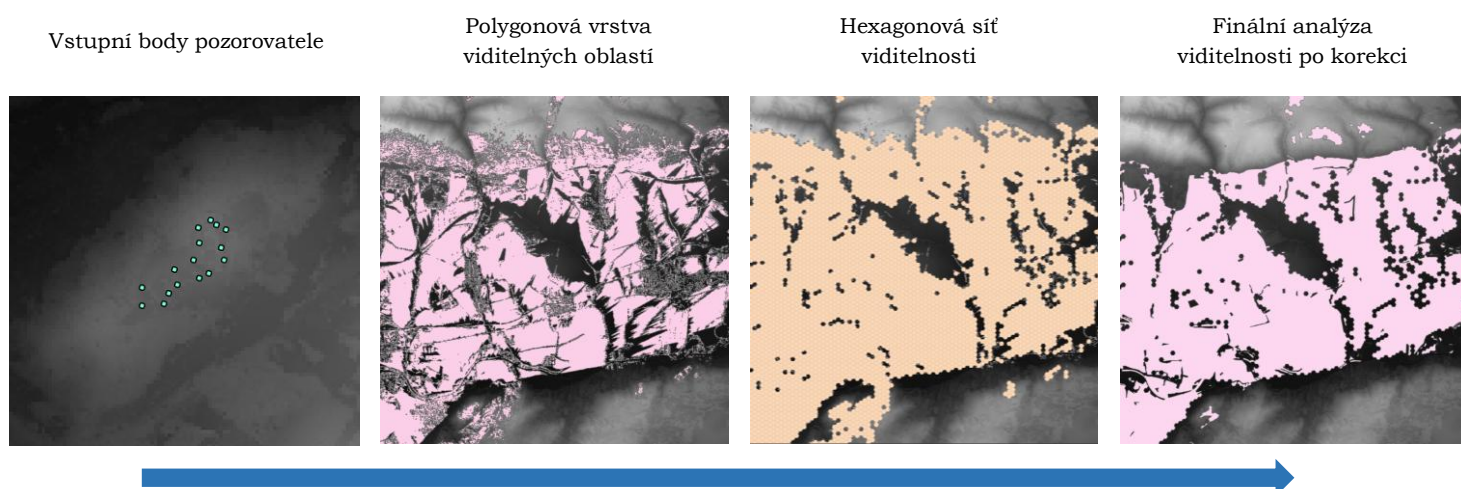


Obr. 10: Schéma postupu analýzy v ArcGIS Pro. (zdroj: vlastní zpracování)



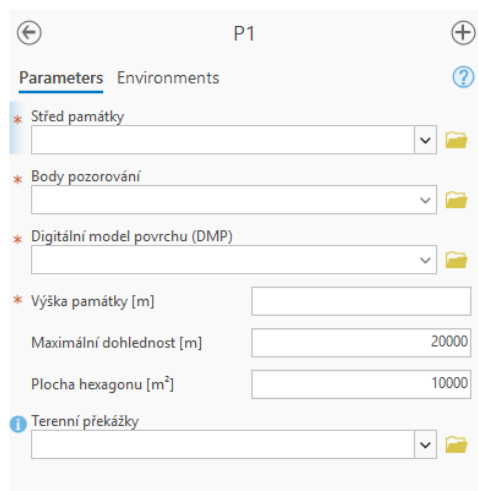
Obr. 11: Schéma modelu postupu analýzy v QGIS. (zdroj: vlastní zpracování)

Metodický postup začíná výpočtem prostorové viditelnosti nad digitálním modelem povrchu (DMP) z předem definované sady pozorovacích bodů, přičemž výška pozorovatele je nastavena na 40 % celkové výšky dominanty. Surové výsledky jsou následně podrobeny procesu defragmentace, který pomocí pravidelné sítě hexagonů o předem definované rozloze 10 000 m² odfiltruje drobný vizuální šum a zachová pouze plochy, u nichž viditelnost pokrývá alespoň 25 % buňky. Takto vyčištěná vrstva je v závěrečném kroku oříznuta o tzv. „no-vis“ zóny, tedy o vysokou vegetaci, která v terénu představuje neprostupné bariéry bránící vstupu do území a reálnému výhledu.



Obr. 12: Postup analýzy v ArcGIS Pro. (zdroj: vlastní zpracování)

Pro naplnění tohoto modelu byla využita konkrétní prostorová data a parametry odpovídající specifickým zájmovému území. Jako výchozí pozorovací body byl stanoven střed památky doplněný o lomové body jejího půdorysu, které byly, stejně jako celková výška objektu, převzaty z databáze NPÚ. Samotný výpočet viditelnosti nad DMP OK byl prostorově omezen maximální dohledností 20 000 m, což plně pokrývá stanovený rozsah zkoumané oblasti. Pro závěrečnou identifikaci zmíněných terénních bariér (no-vis zón) posloužila vrstva využití území (Landuse) z datové sady ZABAGED, ze které byly pro tento účel jako překážky vyčleněny specifické třídy *„LesniPudaSeStromy“* a *„LesniPudaSKrovinatymPorostem“*.



Obr. 13: Uživatelské rozhraní nástroje P1 v ArcGIS Pro. (zdroj: vlastní zpracování)

Analýza krajinnné sféry

Druhý krok je orientován na širší vizuální kontext a krajinnný rámec památky. V této části je hodnoceno, zda by větrná elektrárna, i při umístění ve větší vzdálenosti, nevytvářela v kompozici krajinnné scény nevhodný konkurenční prvek. Zvláštní důraz je kladen na posouzení narušení harmonického měřítka, kdy by převyšovaný a dynamický (pohyblivý)

objekt mohl strhávat vizuální pozornost na úkor statické historické dominanty, čímž by byla oslabena identita a čitelnost kulturní krajiny.

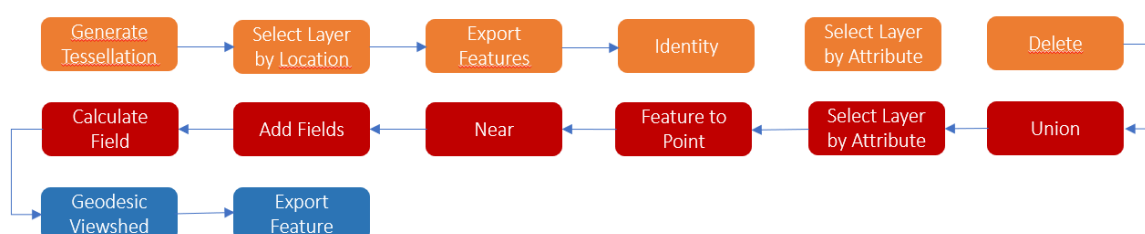
Pro tuto fázi je jako vstupní podklad využita polygonová vrstva z předchozí analýzy, tedy vymezení lokalit s přímou viditelností na dominantu. Z těchto bodů byla provedena simulace pohledu směrem k dominantě, přičemž cílovým objektem modelování byla vysoká stavba (např. větrná elektrárna o výšce 200 m nad terénem). Pro dosažení simulace reálného vnímání scény byl zorný úhel omezen na 40°. Tímto postupem byly identifikovány plochy, kde by se v pozadí za kulturní dominantou vizuálně uplatňovaly nové výškové stavby.

Analýza kontaktního prostoru

Třetí sféra analýzy je zaměřena na bezprostřední okolí významné kulturní hodnoty. Je zde zkoumáno riziko přímého ovlivnění vnímání architektonických a urbanistických kvalit v situacích, kdy by se větrná elektrárna ocitla v těsném sousedství, tzv. kontaktním prostoru památky. V této zóně je posuzován vliv na *genius loci* a na celkový dojem návštěvníka, neboť přítomnost technické dominanty v blízkém horizontu může zásadně změnit měřítko a atmosféru místa.

Postup vychází ze simulace pohledu návštěvníka, tedy pozorovatele s výškou očí 1,7 m, pohybujícího se po veřejně přístupných prostranstvích v rámci vymezeného chráněného území. Analýza viditelnosti byla prováděna všesměrově s cílem identifikovat lokality, odkud by byla patrná navrhovaná 200metrová stavba. Vzhledem k charakteru kontaktního prostoru byla analýza omezena na zónu silné viditelnosti, která byla pro účely této práce definována vzdáleností 5 kilometrů od hranice památkové zóny.

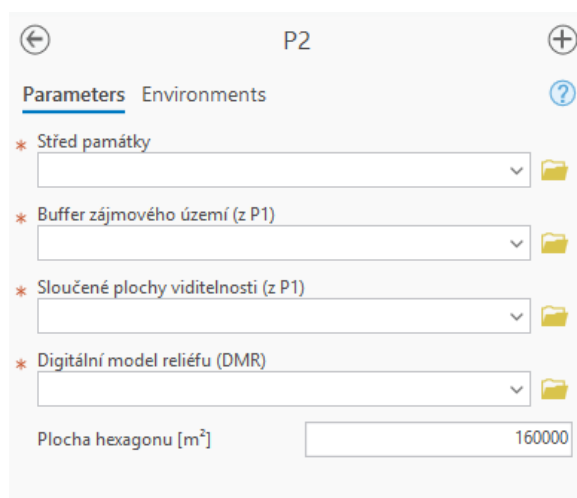
Analýza krajinné sféry a Analýza kontaktního prostoru byly zpracovány pomocí nástroje P2 (Obr. 14). V první části probíhá plošná defragmentace prvotních výsledků. Jako vstupní vrstvy pro vymezení zájmového území slouží obalová zóna (buffer) a sloučené plochy viditelnosti (*dissolved viewshed*) převzaté z výstupů předchozího nástroje P1. Zkoumané území je pokryto pravidelnou hexagonovou sítí o výchozí rozloze 160 000 m², z níž jsou pro další výpočet zachovány pouze ty buňky, které vykazují významný plošný podíl viditelnosti. Uvnitř těchto vybraných ploch jsou vygenerovány reprezentativní pozorovací body. U každého z nich je následně analyticky zjištěna nejkratší vzdálenost a azimut směrem ke středu zkoumané památky (přičemž tento cílový bod je totožný s výchozím bodem v analýze P1).



Obr. 14: Schéma postupu analýzy P2 v ArcGIS Pro. (zdroj: vlastní zpracování)

Na základě zjištěné vzdálenosti je aplikován stěžejní prvek metodiky – simulace přirozeného lidského vnímání pomocí dynamického zorného úhlu, který se směrem od cíle stupňovitě zužuje. Pozorovací body nacházející se v bezprostřední blízkosti dominanty (do vzdálenosti 999 m) jsou z dalšího hodnocení zcela vyloučeny. Pro zbylé body je šířka zorného pole definována následovně: v intervalu 1 000–4 999 m je nastaven zorný úhel 30°, v pásmu 5 000–9 999 m se zužuje na 15°, v rozmezí 10 000–14 999 m činí 10° a v nejvzdálenější zóně 15 000–20 000 m je fixován na 5°.

Geometricky je výsledná výšeč pohledu zkonstruována tak, že se k vypočtenému azimutu přičte polovina dané hodnoty zorného úhlu pro určení pravé hranice (úhel K) a odečte se pro hranici levou (úhel Z). Závěrečnou fází je geodetický výpočet viditelnosti provedený nad digitálním modelem reliéfu (DMR 5G). Tento výpočet simuluje pohled člověka s výškou očí 1,6 m a je striktně omezen pouze na takto definované zorné výšeče. Výsledný rastr minimální nutné výšky nad terénem (AGL) následně exaktně kvantifikuje případné výškové překážky zastiňující výhled na dominantu.



Obr. 15: Uživatelské rozhraní nástroje P2 v ArcGIS Pro. (zdroj: vlastní zpracování)

Syntéza výsledků

Závěrečným krokem metodického postupu je syntéza obou dílčích analýz, jejímž výsledkem je finální prostorový model rizik. V této fázi dochází k integraci dat o teoretické viditelnosti (nástroj P1) a limitních výškách AGL – *Above Ground Level* (nástroj P2). Pro zajištění maximální přesnosti a návaznosti na další prostorová data byla celá operace realizována ve vektorovém prostředí.

Vlastní proces syntézy byl zahájen vektorizací kontinuálního rastrového výstupu z nástroje P2. Tímto krokem byl vytvořen vektorový model limitních výšek, ve kterém je každé ploše exaktně přiřazena informace o maskovací kapacitě terénu. Následně byla provedena aktualizace těchto hodnot, a to na základě prostorového překryvu s polygony přímé viditelnosti (P1). U všech ploch, u kterých byl identifikován prostorový průnik s těmito polygony, byla hodnota AGL plošně aktualizována na fixních 0 m. Tímto postupem je reflektován fakt, že v zónách s přímým vizuálním kontaktem je jakákoliv nadzemní stavba teoreticky viditelná a maskovací kapacita krajiny je v těchto místech zcela nulová. U polygonů ležících mimo tyto zóny přímé viditelnosti byly ponechány původní hodnoty limitní výšky, jež byly vypočteny nástrojem P2.

Pro finální interpretaci výsledného syntetického modelu byl následně aplikován rozhodovací práh 200 m, jenž odpovídá průměrné maximální výšce moderní větrné

elektrárny. Na základě této metriky bylo zájmové území rozděleno do dvou základních kategorií. První kategorie je tvořena zónou prostorového konfliktu, do které jsou zahrnuty plochy s přímou viditelností (vynulované AGL) a území v terénním stínu, u nichž vypočtený limit AGL nedosahuje hranice 200 m. Z hlediska ochrany krajinného rázu je tato oblast pro výstavbu referenční VTE vyhodnocena jako nevhodná. Druhou kategorií je vizuálně bezpečná zóna. Ta je tvořena plochami ležícími v dostatečném terénním stínu, jejichž limit AGL převyšuje uvažovaných 200 m. Lze tedy konstatovat, že případná stavba v těchto místech může být díky morfologii krajiny plně vizuálně absorbována.

4 VÝSLEDKY

4.1 Vyhodnocení pohledové exponovanosti vybraných lokalit

4.1.1 Poutní kostel v Dubu nad Moravou

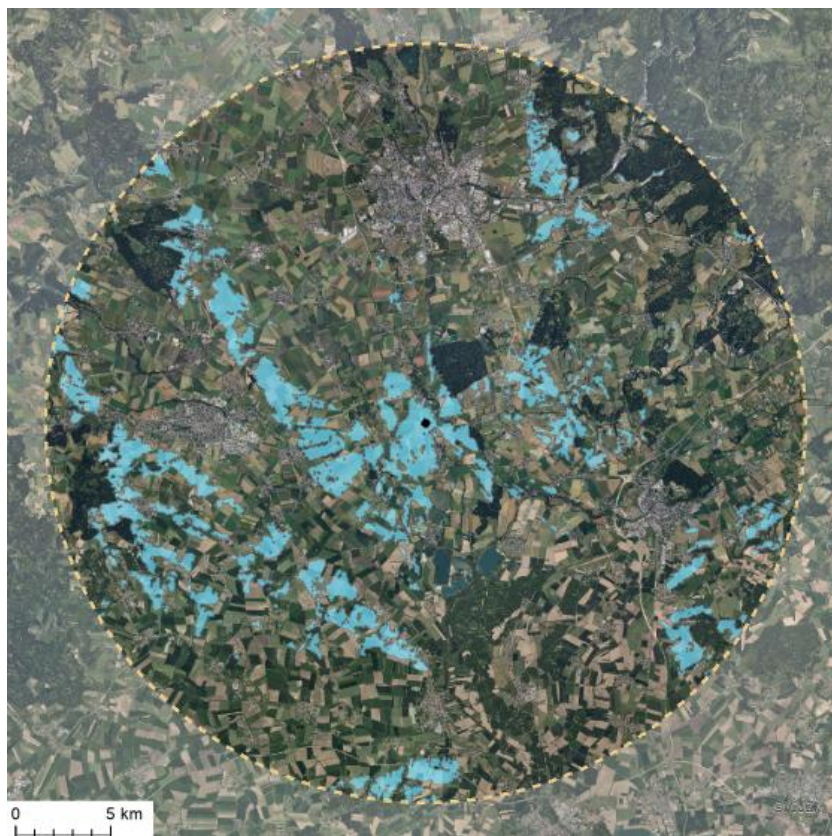
Prvním hodnoceným územím je okolí poutního kostela Očišťování Panny Marie v Dubu nad Moravou. Z geomorfologického hlediska se jedná o vysoce specifickou lokalitu, neboť památka představuje absolutní krajinnou dominantu zasazenou do extrémně rovinatého terénu Hornomoravského úvalu (tzv. Hané). Tento rovinatý charakter zásadně determinuje výsledky obou částí prostorové analýzy.

Teoretická plošná zranitelnost

Pro prostorové modelování této lokality byla využita specifikovaná výška památky 46 m a její půdorys byl reprezentován sítí o celkovém počtu 6 pozorovacích bodů (Obr. 16). Jak ukazuje výstup prvotní analýzy viditelnosti (Obr. 17), teoretický vizuální kontakt s dominantou je v okruhu 20 km plošně velmi rozsáhlý a šíří se radiálně do všech směrů (téměř 360°). Vzhledem k absenci výrazných terénních bariér je viditelnost přerušována primárně lokálními no-vis zónami, tedy vysokou vegetací a zástavbou okolních obcí. Výsledný datový náhled tak tvoří silně fragmentovanou, avšak prostorově všudypřítomnou síť viditelných ploch. Z hlediska prvotního hodnocení je tak celá zkoumaná oblast vůči výstavbě vysokých technických staveb vysoce zranitelná.



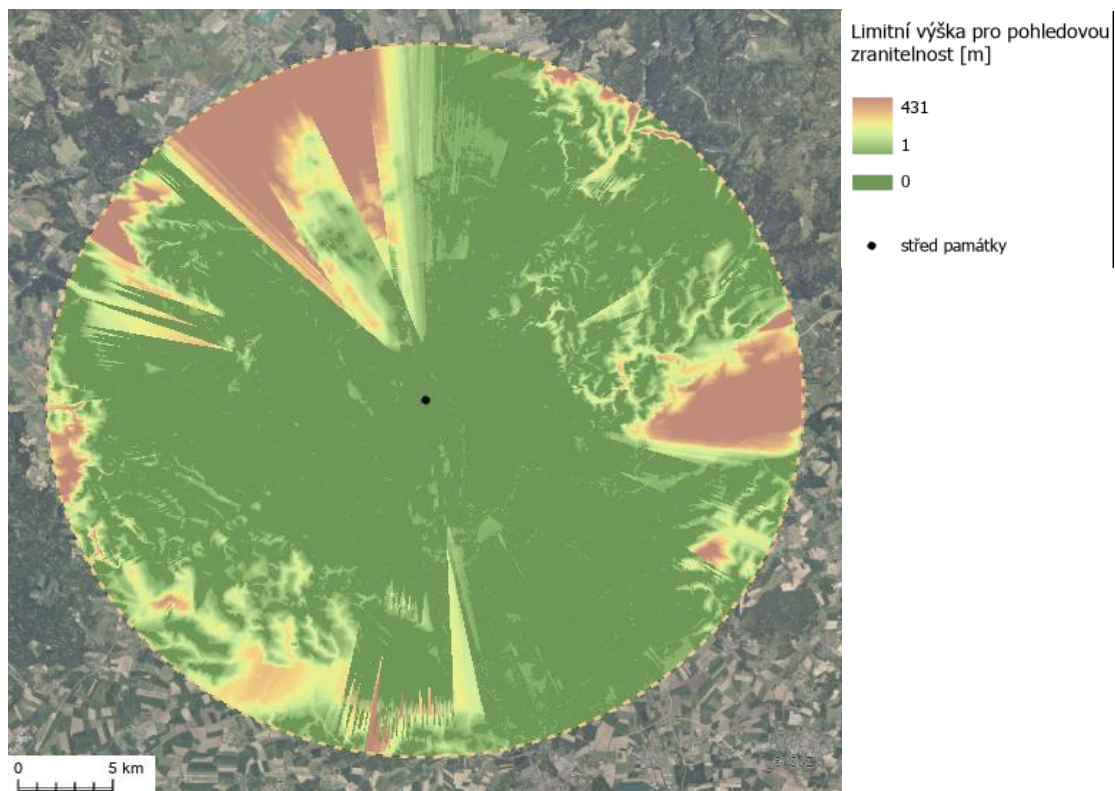
Obr. 16: Pozorovací body (červené body) pro analýzu P1 v lokalitě Dubu nad Moravou. (zdroj: podklad ČÚZK, body NPÚ)



Obr. 17: Výsledek analýzy P1 v lokalitě Dubu nad Moravou. (zdroj: vlastní řešení)

Limity kontaktního prostoru a AGL

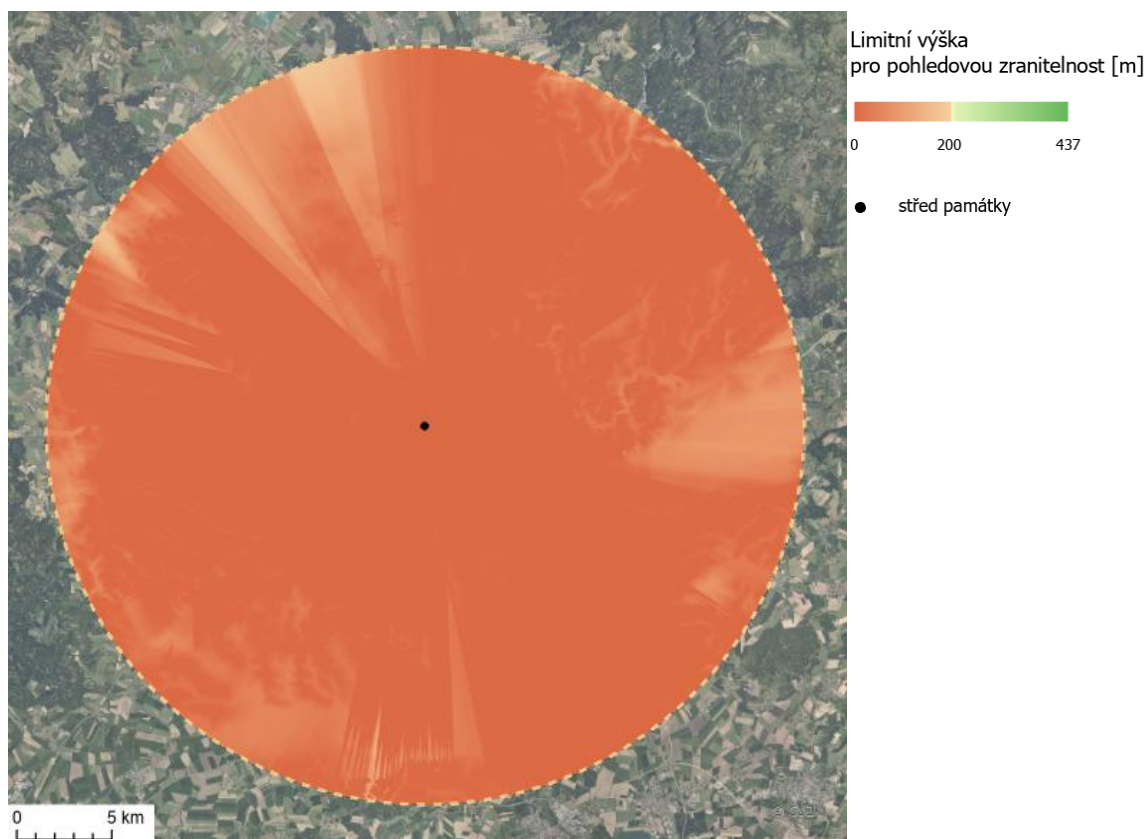
Kritický dopad rovinatého terénu plně odkrývá navazující model P2 (Obr. 18). Rastr minimální nutné výšky překážky (AGL) vykazuje na drtivé většině zkoumaného území hodnoty blízké se nule (na mapě zobrazeno tmavě zelenou barvou). Tento výsledek matematicky potvrzuje fakt, že v ploché krajině vede zorný paprsek téměř rovnoběžně s terénem a neexistují zde žádná terénní ohbí či údolí, která by dokázala stavbu vizuálně absorbovat. V kontextu posuzování moderních větrných elektráren (s uvažovanou referenční výškou 200 metrů) to znamená, že krajina zde nedisponuje téměř žádnou přirozenou maskovací kapacitou. Zóny s hodnotou AGL nad 200 metrů, které by teoreticky umožnily plné skrytí takto vysoké stavby, se vyskytují pouze zcela marginálně na periferii 20 km zóny, kde je navíc dynamický zorný úhel radikálně zúžen na 5°.



Obr. 18: AGL vrstva nástroje P2 z ArcGIS Pro Dubu nad Moravou. (zdroj: vlastní řešení)

Syntéza prostorových rizik

Finální syntetický model integruje obě předchozí metriky a aplikuje na ně rozhodovací práh 200 metrů, odpovídající výšce moderní větrné elektrárny. Výsledná vizualizace (Obr. 19) je plošně dominována zónou absolutního prostorového konfliktu. V těchto plochách se překrývá přímá pohledová expozice s nulovou tolerancí pro uvažovanou zástavbu. Lze tedy konstatovat, že umístění 200metrové turbíny v tomto zájmovém území by mělo zásadní dopad na dálkové pohledy, a bezkonfliktní rozvoj je zde plošně prakticky vyloučen.



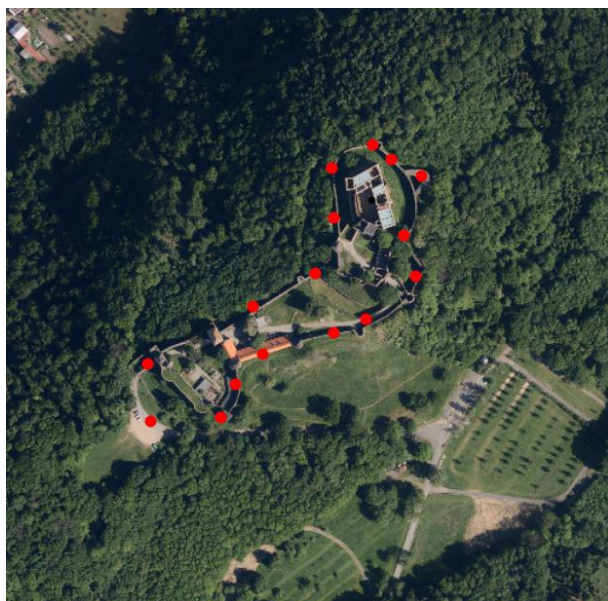
Obr. 19: Syntéza nástrojů P1 a P2 z ArcGIS Pro Dubu nad Moravou. (zdroj: vlastní řešení)

4.1.2 Hrad Helfštýn

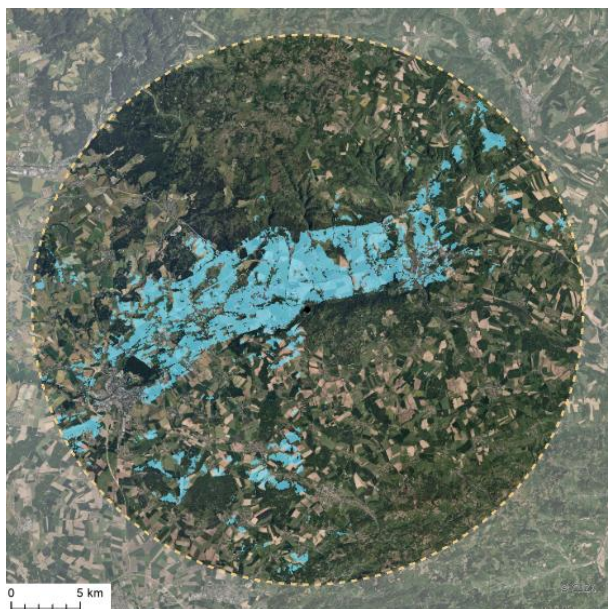
Druhým zkoumaným územím je okolí zříceniny hradu Helfštýn. Oproti rovinaté Hané představuje tato lokalita radikální topografický kontrast. Objekt je situován na výrazném zalesněném hřebetu strážícím údolí Moravské brány. Tento masivní výškový rozdíl a přítomnost hlubokého údolí tvoří zcela odlišné vizuální vazby.

Teoretická plošná zranitelnost

Do výpočtu vizuálního uplatnění hradu vstupoval model s definovanou výškou objektu 15 m a detailní sítí 16 pozorovacích bodů (Obr. 20). Vizualizace z nástroje P1 (Obr. 21) vykazuje výraznou směrovost pohledové expozice. Vizuální kontakt se koncentruje výhradně do jihozápadně-severovýchodní osy, která striktně kopíruje údolní nivu řeky Bečvy. Naopak rozsáhlé sektory na severozápadě jsou z analýzy naprosto vyloučeny, neboť samotný hradní kopec a přilehlé lesní porosty zde fungují jako neprostupná vizuální bariéra vrhající značný terénní stín.



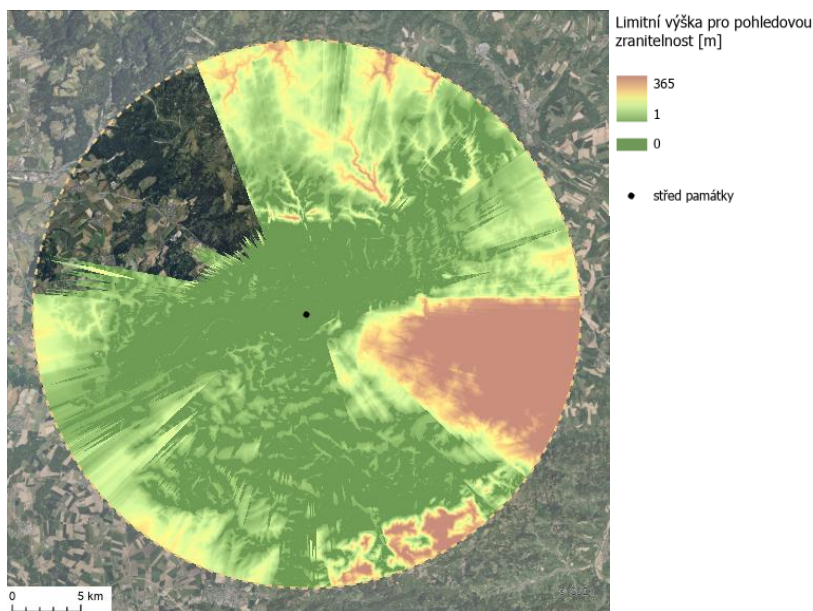
Obr. 20 Pozorovací body (červené body) pro analýzu P1 v lokalitě Helfštýn. (zdroj: podklad ČÚZK, body NPÚ)



Obr. 21: Výsledek analýzy P1 v lokalitě Helfštýn. (zdroj: vlastní řešení)

Limity kontaktního prostoru a AGL

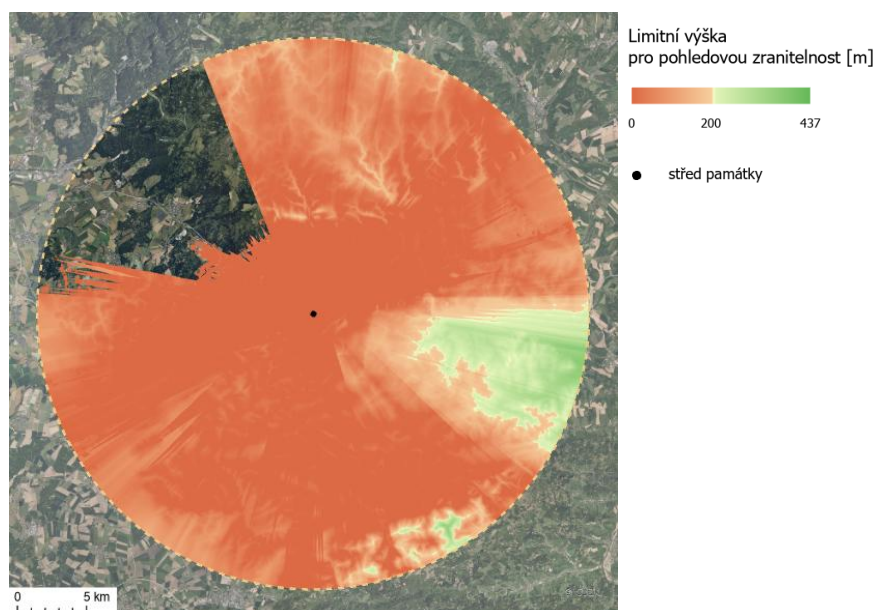
Rastrový model AGL (Obr. 22) velmi přesně kvantifikuje únosnost této specifické krajiny. V prostoru údolní nivy, kam směřuje hlavní pohledová osa, nevykazuje terén žádnou maskovací kapacitu (hodnoty AGL se blíží nule). Situace se však dramaticky mění za prvními terénními horizonty – na strmých svazích okolních kopců (zejména ve východním sektoru) dochází k prudkému nárůstu limitních hodnot AGL až k maximum okolo 365 metrů, kde se prostor stává vizuálně hluchým.



Obr. 22: AGL vrstva nástroje P2 z ArcGIS Pro Helfštýna. (zdroj: vlastní řešení)

Syntéza prostorových rizik

Závěrečná syntéza s limitem 200 metrů (Obr. 23) poskytuje jednoznačný podklad pro územní plánování. Na jedné straně definuje striktní "no-go" zónu táhnoucí se dnem údolí, kde by referenční turbína působila vysoce rušivě. Na straně druhé však model jasně identifikuje bezpečné plochy za terénními zlomy. Členitý reliéf Helfštýna tak nabízí unikátní prostorové "kapsy", které dokážou 200metrovou stavbu s jistotou vizuálně absorbovat i v relativní blízkosti samotné památky.



Obr. 23: Syntéza nástrojů P1 a P2 z ArcGIS Pro Helfštýna. (zdroj: vlastní řešení)

4.1.3 Mariánská Týnice

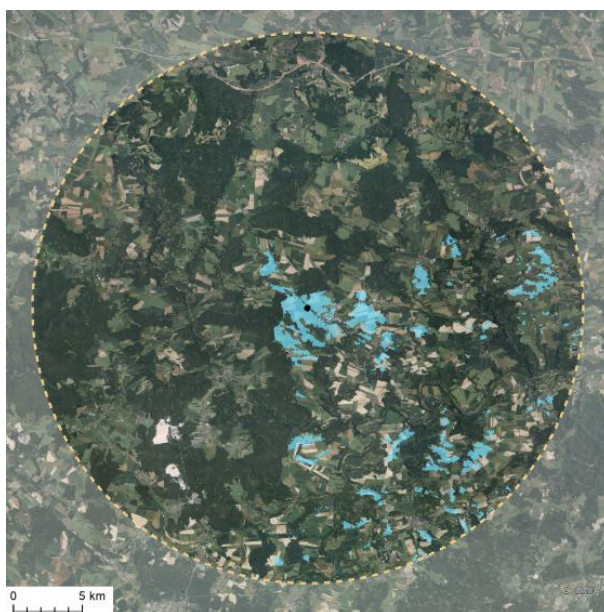
Třetím hodnoceným areálem je Mariánská Týnice, jejíž okolí spadá do geomorfologického celku Plaské pahorkatiny. Z hlediska georeliéfu se jedná o přechodný typ – mírně zvlněnou zemědělsko-lesní krajinu. Časté střídání mělkých údolí, lokálních hřbetů a hospodářských lesů dodává vizuálním analýzám v tomto území vysoce specifický charakter.

Teoretická plošná zranitelnost

Analýza areálu vycházela z lokální výšky památky 44 m, pro jejíž prostorovou reprezentaci bylo vygenerováno celkem 10 pozorovacích bodů (Obr. 24). Prostorový model teoretické viditelnosti (Obr. 25) se zde vyznačuje značnou mírou fragmentace. Zranitelnost netvoří souvislé plochy ani jasně definované koridory, nýbrž se rozpadá do mozaiky drobných, izolovaných elementů. Zvlněný terén funguje ve spojení s vysokým podílem no-vis zón jako efektivní přirozený filtr, který omezuje vizuální dopad na rozlehlé části zájmového území již na úrovni primárního geodetického výpočtu.



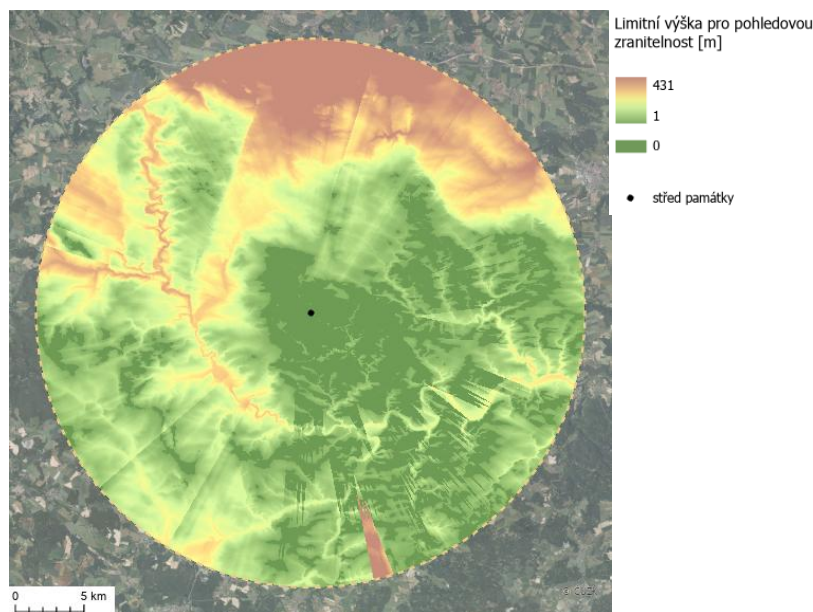
Obr. 24: Pozorovací body (červené body) pro analýzu P1 v lokalitě Mariánská Týnice. (zdroj: podklad ČÚZK, body NPÚ)



Obr. 25: Výsledek analýzy P1 v lokalitě Mariánská Týnice. (zdroj: vlastní řešení)

Limity kontaktního prostoru a AGL

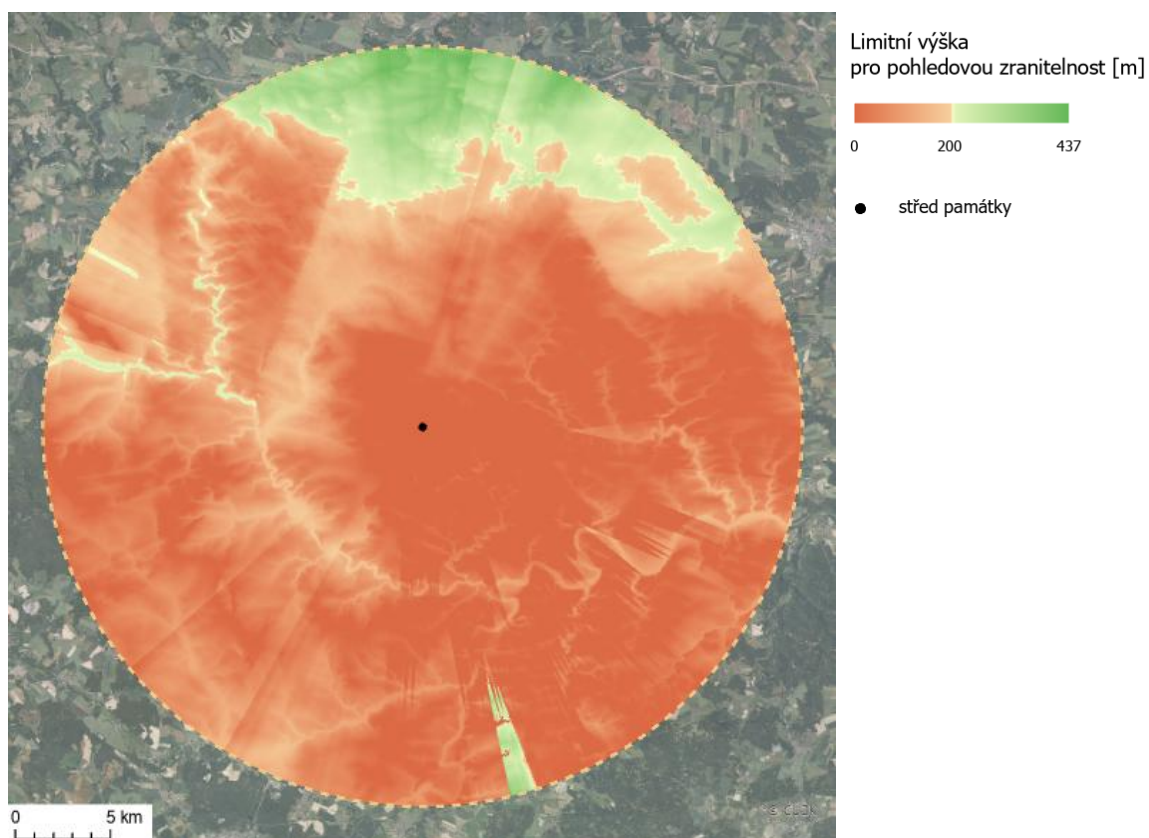
Surový výstup AGL (Obr. 26) potvrzuje vysokou absorpční schopnost pahorkatiny. Přestože v místech přímé viditelnosti klesají hodnoty k nule, častá přítomnost lokálních horizontů způsobuje okamžité a prudké skoky limitních hodnot. Zorný paprsek se zde rychle "rozbíjí" o blízké terénní vlny, což vede k výskytu zón s extrémně vysokým prahem AGL (nad 400 m) relativně blízko u samotné památky.



Obr. 26: AGL vrstva nástroje P2 z ArcGIS Pro Mariánské Týnice. (zdroj: vlastní řešení)

Syntéza prostorových rizik

Syntetické zhodnocení s aplikovaným prahem 200 metrů (Obr. 27) ukazuje, že Mariánská Týnice je plošně nejméně ohroženým cílem ze všech zkoumaných lokalit. Zóna absolutního konfliktu je sice silně koncentrována do bezprostředního okolí památky, avšak bezpečné zóny (plochy, kde terén skryje celou 200m stavbu) nastupují mnohem strměji a dříve než u předchozích případových studií. Zvlněný terén pahorkatiny tak prokazuje nejvyšší potenciál pro nalezení kompromisních řešení při budování větrné energetiky.



Obr. 27: Syntéza nástrojů P1 a P2 z ArcGIS Pro Mariánské Týnice. (zdroj: vlastní řešení)

4.2 Technologické zhodnocení GIS platform

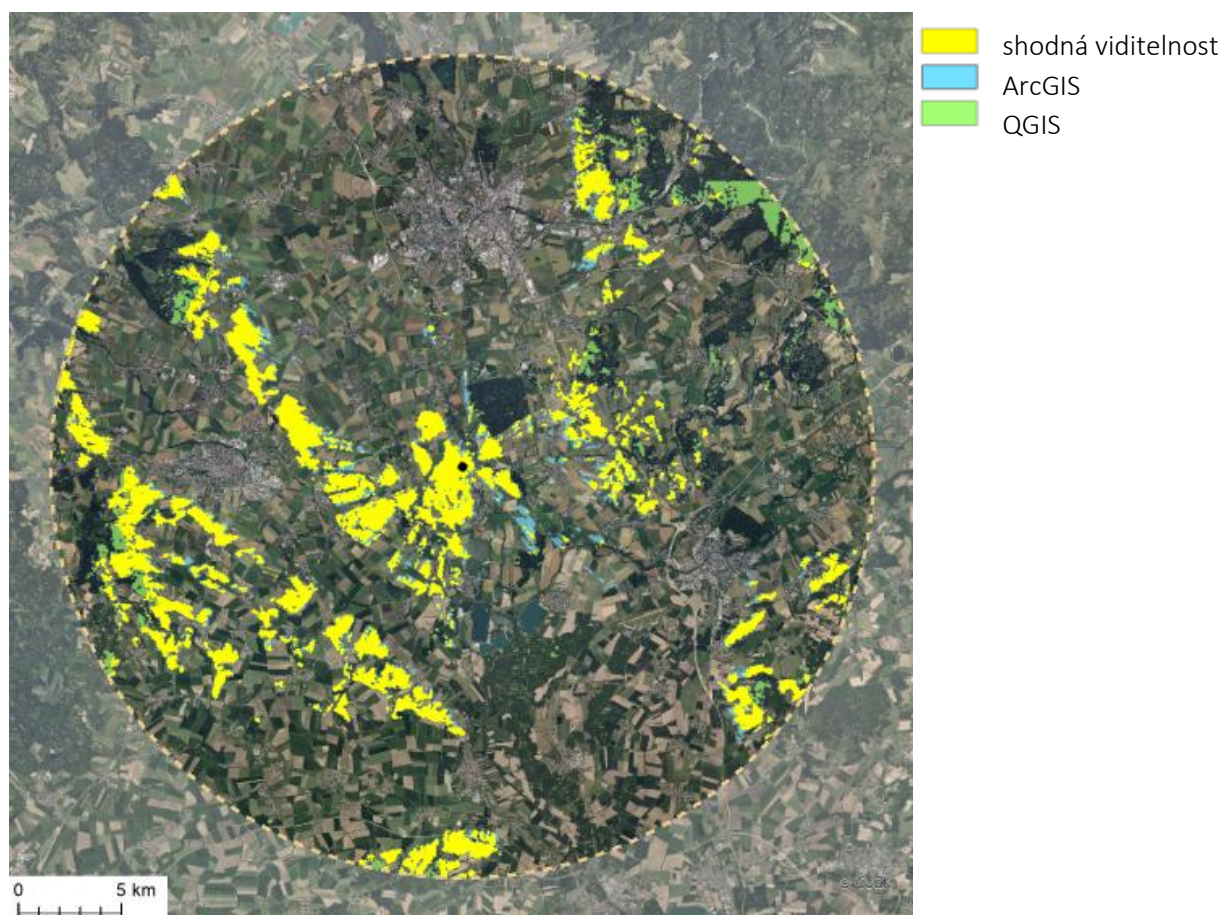
Zatímco předchozí část práce se soustředila na aplikaci prostorových analýz pro ochranu krajinného rázu a hodnocení konkrétních lokalit, tato kapitola se přesouvá do roviny čistě technologické a geoinformatické. Procesy územního plánování a schvalování výškových dominant (jakými jsou moderní větrné elektrárny) vyžadují vysoce exaktní a právně i technicky obhajitelná data. Rozhodnutí orgánů státní správy a památkové péče se dnes primárně opírají o výstupy ze softwarových geoinformačních systémů, přičemž se v praxi často implicitně předpokládá jejich absolutní a neomylná přesnost.

Cílem této kapitoly je podrobit tento předpoklad kritické komparaci. Na totožných vstupních datech a při zachování stejných definičních parametrů byly proti sobě postaveny dva odlišné softwarové ekosystémy: globální komerční standard ArcGIS Pro (reprezentující proprietární řešení) a platforma QGIS, zastupující open-source alternativu. Následující podkapitoly detailně analyzují nejen efektivitu a dobu výpočtu na masivních rastrových datech, ale především kvantifikují a prostorově lokalizují kritické odchylky, které mezi oběma výpočetními přístupy reálně vznikají.

4.2.1 Kvantitativní odchylky ve výpočtech viditelnosti

P1

Zjištěné rozdíly v plošném rozsahu teoretické viditelnosti a v době výpočtu mezi prostředím ArcGIS Pro a QGIS přehledně shrnuje Tabulka 13. Z dat je patrné, že se plošné odchylky u jednotlivých lokalit výrazně liší. Zatímco u rovinatého Dubu nad Moravou činí rozdíl relativně zanedbatelných -5,36 %, u členitějších reliéfů se odchylka výrazně zvětšuje. U Mariánské Týnice QGIS nadhodnotil plochu o 15,38 % a u extrémně svažitého Helfštýna dokonce o 23,52 % (téměř 3 000 hektarů rozdílu).



Obr. 28: Porovnání ploch viditelnosti z ArcGIS Pro a QGIS Dubu nad Moravou. (zdroj: vlastní řešení)

Hlubší vhled do povahy těchto odchylek poskytuje navazující analýza prostorového průniku obou modelů (Tabulka 12). Z údajů o tzv. shodné viditelnosti vyplývá, že i v případech, kdy je celková plošná odchylka v absolutních číslech minimální, dochází k nezanedbatelným prostorovým posunům. Například u rovinatého Dubu nad Moravou, kde byl celkový plošný rozdíl nejmenší, činí absolutní prostorová shoda obou algoritmů pouze 7,5 % (při celkové detekované viditelnosti oscilující kolem 10 %). Znamená to, že ačkoliv oba softwary vygenerovaly plošně podobně rozsáhlý výstup, přibližně čtvrtina detekovaných pixelů se nachází v odlišných částech zájmového území. Tento fenomén jasně prokazuje, že použité výpočetní modely nevedou pouze k rozdílům v celkové výměře, ale primárně k prostorové redistribuci viditelných a skrytých ploch.

V prostředí ArcGIS Pro byl aplikován nástroj *Geodesic Viewshed*. Dle technické specifikace tento nástroj využívá trojrozměrný geocentrický souřadnicový systém, což umožňuje, aby se linie pohledu chovaly jako skutečné 3D přímky, které přirozeně respektují zakřivení Země (ESRI, 2024). Tento exaktní výpočet však vyžaduje transformaci každého bodu rastru, což se projevilo delšími časy zpracování u lokalit s komplikovaným reliéfem (např. 12:41 min. u Helfštýna).

Tab. 12: Procentuální rozdíl výsledků *

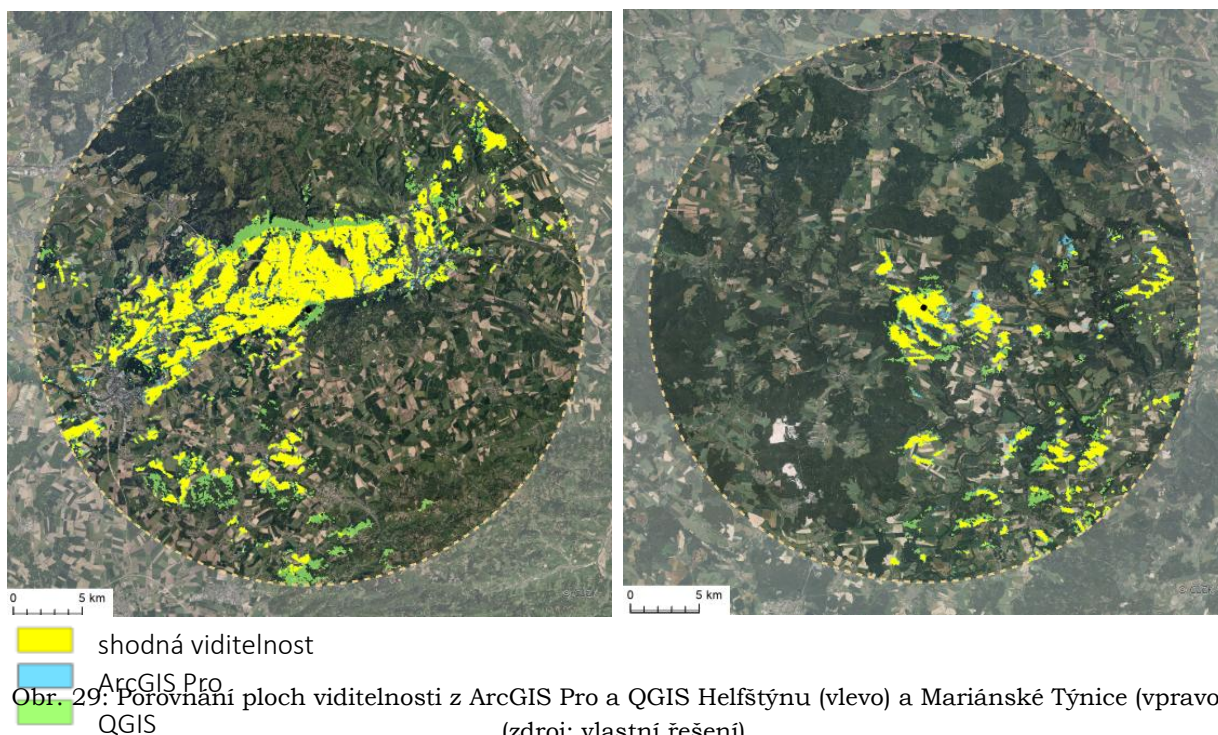
	Dub nad Moravou	Helfštýn	Mariánská Týnice
ArcGIS	10,4 %	10 %	3,3 %
QGIS	9,9 %	12,3 %	3,8 %
Shodná viditelnost	7,5 %	8,4 %	2,4 %

* Plocha viditelnosti je vypočítána již z defragmentovaných ploch (hexagonů), tudíž mohou být výsledky mírně nadhodnoceny

Naproti tomu v prostředí QGIS byl využit nástroj Viewshed z pluginu *Visibility Analysis*. Tento nástroj je koncipován odlišně, jelikož jeho algoritmus je založen na radiální dekompozici domény a je optimalizován pro rychlé modelování komplexních krajinných scén (Čučkovič, 2016). Refrakce a zakřivení Země jsou zde řešeny matematickou korekcí výšky nad 2.5D rastrem, nikoliv plnou 3D transformací. Tento přístup umožňuje výrazně rychlejší výpočet (např. 79% úspora času u lokality Mariánská Týnice), avšak v mírně i silně zvlněném terénu má tendenci generovat odlišné výsledky, a to zejména v oblastech tzv. tečných pohledů (*grazing rays*), kde zorný paprsek tečuje terénní překážky.

Tab. 13: Základní informace analýzy výhledu na dominantu

SW	Lokalita	Čas exekuce [min:s]	Plocha [m²]
ArcGIS Pro	Dub nad Moravou	7:19	131 248 710,23
QGIS	Dub nad Moravou	5:20	124 217 168,52
ArcGIS Pro	Helfštýn	12:41	125 411 234,23
QGIS	Helfštýn	13:11	154 909 026,52
ArcGIS Pro	Mariánská Týnice	6:20	41 521 076,57
QGIS	Mariánská Týnice	1:19	47 906 056,91



P2

Aby bylo možné exaktně a kvantitativně porovnat spojitě (kontinuální) rastry AGL vygenerované platformami ArcGIS Pro a QGIS, bylo nutné přistoupit k jejich plošné reklasifikaci. Hodnotícím kritériem se stala rozloha zóny absolutního prostorového konfliktu, tedy celková plocha území, kde vypočtená minimální výška překážky nedosahuje referenčního limitu 200 metrů. Výsledné plošné výměry pro obě softwarová prostředí, převedené na hektary (ha), včetně jejich procentuální odchylky (viz *Tab. 14*).

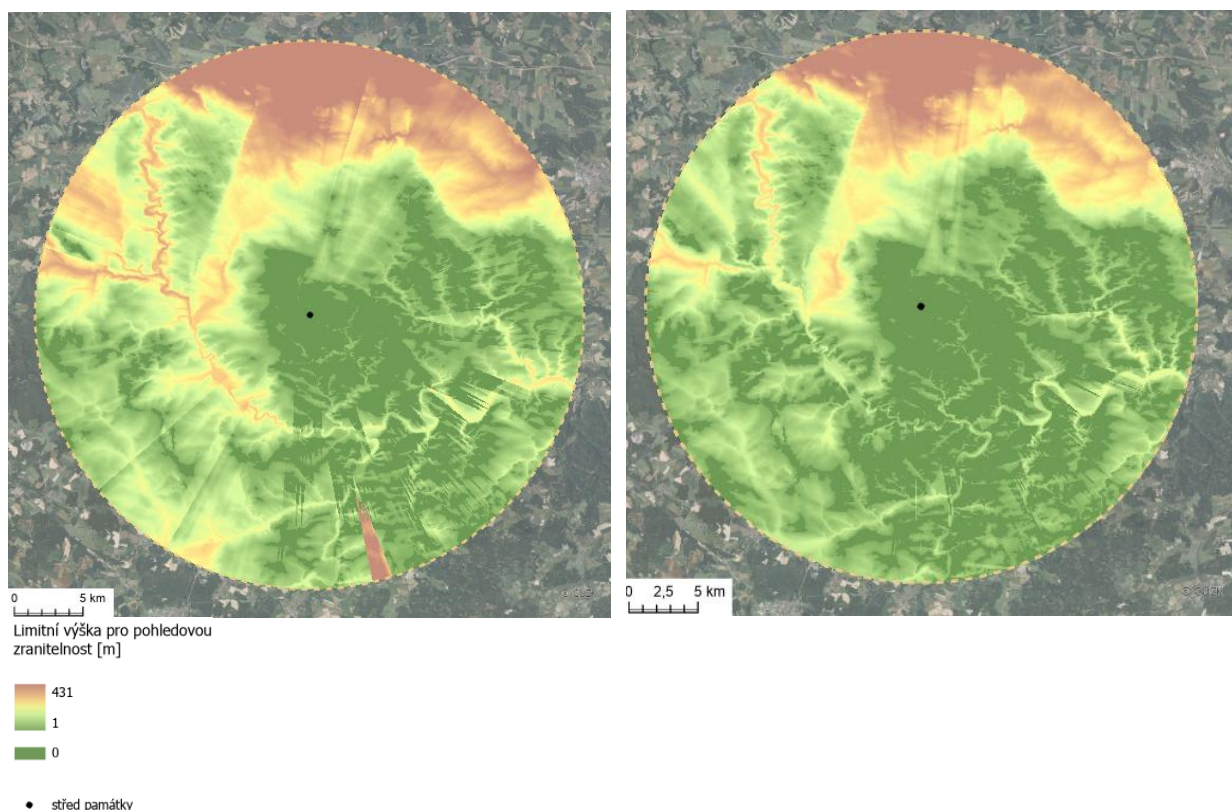
Tab. 14: Plocha AGL menší než 200 m z P2

Lokalita	ArcGIS [ha]	QGIS [m²]	Odchylka
Dub nad Moravou	125 601,9	125 601,7	0,01 %
Helfštýn	101 836,9	125 402,7	18,7 %
Mariánská Týnice	112 186,3	116 378,2	3,3 %

V případové studii rovinatého území Dubu nad Moravou vykazují algoritmy obou platforem téměř absolutní shodu. Rozdíl ve vymezení konfliktní zóny činil pouze zanedbatelných 0,2 ha (rozdíl mezi 125 601,9 ha v ArcGIS a 125 601,7 ha v QGIS). V kontextu celkové rozlohy výpočetního modelu (poloměr 20 km) se jedná o marginální odchylku na úrovni méně než 0,01 %. Tento nepatrný rozdíl, odpovídající pouze několika málo pixelům výškového modelu, není s největší pravděpodobností způsoben rozdílnou logikou výpočtu ray-tracingu, nýbrž pouze odlišným matematickým zaokrouhlováním na samotných hranicích výpočetní masky. V jednoduchém a plochém terénu jsou tak oba programy naprosto rovnocenné.

Situace je však jiná při modelování v přechodném typu georeliéfu. U lokality Mariánská Týnice, která je charakteristická mírně zvlněnou pahorkatinou, již kvantitativní odchylka narostla na 3,3 %. Open-source platforma QGIS zde vyhodnotila zónu prostorového konfliktu o 4 191,9 ha rozlehlejší než ArcGIS Pro. Tento posun naznačuje, že při častějším střídání lokálních horizontů se začínají projevovat jemné algoritmické rozdíly obou programů.

Ke kritické divergenci obou platforem pak dochází v případě extrémně členitého reliéfu lokality Helfštýn. Hluboké údolí Moravské brány obklopené strmými svahy způsobilo masivní propad ve shodě výpočtů. Zjištěná odchylka zde dosahuje propastných 18,7 %. V absolutních číslech platforma QGIS vymezila zónu prostorového konfliktu o 23 565,8 ha větší než ArcGIS Pro. Tento diametrální rozdíl jednoznačně dokazuje, že v topograficky složité krajině je volba softwarové platformy kritickým faktorem, který může mít zásadní dopad na výsledky. Jeden ze softwarů zde vyhodnotil rozlehlé plochy za terénními překážkami jako zranitelné, zatímco druhý je považoval za bezpečně odcloněné.



Obr. 30: Porovnání AGL z ArcGIS Pro (vlevo) a QGIS (vpravo) Mariánské Týnice. (zdroj: vlastní řešení)

4.2.2 Zhodnocení výpočetní náročnosti a stability

V rámci hodnocení obou platforem byla testována jejich schopnost plynule zpracovat rozsáhlé sady prostorových dat. Model P1 i P2 pracoval s detailním výškovým modelem (DMP/DMR 5G) v okruhu 20 kilometrů a následně generoval pravidelnou síť hexagonů pro defragmentaci výsledků. Ačkoliv se jedná o výpočetně náročné operace (tzv. ray-tracing nad rastrem doplněný o dynamické zorné úhly), obě testované platformy – proprietární ArcGIS Pro i open-source QGIS – prokázaly vynikající stabilitu. Během analýz nedošlo k žádným pádům aplikací, zamrznutí systému ani k chybám v důsledku přetečení operační paměti. Obě platformy si bez problémů poradily i s generováním polygonové sítě o základní plošné rozloze 160 000 m². Z hlediska hardwarové a výpočetní náročnosti tak lze konstatovat, že pro tento typ pokročilého prostorového modelování jsou oba softwary naprosto rovnocenné a plně dostačující.

5 DISKUZE

Cíl bakalářské práce, spočívající v návrhu a otestování metodiky pro analýzu pohledové exponovanosti kulturních dominant, byl zcela naplněn. Při aplikaci analytických nástrojů na třech případových studiích však byla identifikována technologická a metodická úskalí. Zjištěné limity souvisí především s výpočetní náročností, architekturou softwarových platforem a povahou vstupních dat. Následující text tyto problémy kriticky reflektuje a diskutuje jejich vliv na přesnost výsledků a využitelnost v aplikační praxi.

Technologické aspekty, výpočetní efektivita a automatizace

Diskutabilním, avšak z hlediska realizovatelnosti nevyhnutelným krokem v rámci prostorového modelování byla volba prostorového rozlišení u digitálního modelu reliéfu (DMR 5G). Snížení rozlišení na hodnotu 20 m bylo zvoleno jako nezbytný kompromis mezi požadovanou prostorovou detailností a výpočetními i hardwarovými limity. Vzhledem k plošné rozlehlosti zájmového území (okruh 20 km) a faktu, že do výpočtů fází P2 vstupovaly vyšší stovky pozorovacích bodů, by aplikace výškového modelu v jeho nativním či detailnějším rozlišení (např. 1 m až 5 m) vedla k extrémní časové náročnosti (viz 3.5.1 Testování). Provedení takového výpočtu by v běžných hardwarových podmínkách trvalo neúměrně dlouho, čímž by se celý model stal v aplikační praxi neefektivním. Ačkoliv hrubší pixel může na lokální mikroúrovni mírně generalizovat průběh terénních zlomů, pro účely makroregionálního hodnocení vizuálního dosahu staveb o výšce 200 metrů je toto rozlišení považováno za plně akceptovatelné a prokazatelně neovlivňuje celkovou validitu výsledků.

Při aplikaci analýzy krajinné sféry a kontaktního prostoru (nástroj P2) v prostředí QGIS byly rovněž identifikovány specifické technologické limity spojené s možnostmi automatizace. Na rozdíl od prostředí ArcGIS Pro, kde byly analytické skripty pro autora vyvinuty na míru, neumožňuje standardní rozhraní nástrojů viditelnosti v QGIS zadání vícenásobných intervalů dynamického zorného úhlu v rámci jedné operace. Tato limitace si vyžádala rozdělení výpočtu do čtyř samostatných fází, jejichž výsledky musely být následně oríznuty a plošně sloučeny. Ačkoliv byl pro tyto účely v nástroji *Graphical Modeler* sestaven automatizovaný model, docházelo při jeho exekuci z neznámých důvodů k zacyklení a proces nebyl úspěšně dokončen. Z tohoto důvodu nebylo možné provést relevantní časovou komparaci běhu nástroje P2 mezi oběma platformami. Varianta algoritmizace postupu pro QGIS nebyla z časových důvodů realizovatelná.

Časové srovnání je navíc ztíženo odlišnou architekturou algoritmů; zatímco nástroj v ArcGIS Pro generuje v rámci jednoho komplexního výpočtu jak samotný model viditelnosti (viewshed), tak i rastr minimální nutné výšky (AGL), v prostředí QGIS jsou tyto operace řešeny separátně.

Vliv použitých algoritmů na prostorovou shodu

Zásadním tématem k diskusi jsou zjištěné rozdíly v plošném vymezení rizikových zón mezi testovanými softwary pro nástroj P1. I v případě rovinaté lokality Dub nad Moravou, kde je absolutní rozdíl celkové rozlohy viditelnosti marginální (10,4 % u ArcGIS Pro vůči 9,9 % u QGIS), činí reálná prostorová shoda obou algoritmů pouhých 7,5 %. Znamená to, že na více než 2,5 % celkové rozlohy území (což představuje tisíce hektarů) panuje mezi softwary neshoda v lokalizaci viditelných ploch. Tyto odchylky nevznikají náhodně, nýbrž se koncentrují do specifických geomorfologických situací, typicky na okrajích svahů a za vzdálenými lesními masivy. Tento fenomén lze přisoudit odlišnému přístupu k tzv. tečným pohledům (grazing rays). Zatímco 3D geocentrický model v ArcGIS Pro trasuje zorný

paprsek exaktně (ESRI 2024), algoritmus QGISu, založený na radiální dekompozici nad 2.5D rastrem (Čučković, 2016), nedokáže tečné paprsky klouzající po terénních hranách vyhodnotit se stejnou přesností. U topograficky složitě krajiny, jako je Helfštýn, pak tato technologická difference nabývá extrémních rozměrů, což vede k masivní odchylce až 18,7 %. Dalším faktorem, jenž se minoritně podílí na vzniku prostorových odchylek, je odlišný algoritmický přístup obou softwarů k samotnému generování defragmentační hexagonové sítě. Zatímco v prostředí QGIS (prostřednictvím nástroje *Create Grid*) lze exaktně definovat počátek souřadnic, z něhož je následně plošná síť vygenerována, nástroj *Generate Tesselation* v ArcGIS Pro tuto možnost explicitní volby postrádá. Omezuje se pouze na nastavení celkového plošného rozsahu (extent), přičemž algoritmus sítě automaticky centruje tak, aby svými buňkami co nejefektivněji pokrývala zadaný prostor (ESRI, 2024). Tento rozdílný způsob ukotvení mřížky způsobuje mírný vzájemný posun hexagonů mezi oběma modely. Jelikož je výsledná plošná viditelnost v analýze extrapolována právě na základě průniku s těmito buňkami, i nepatrný plošný posun sítě generuje drobné rozdíly ve výsledné polygonové vrstvě. Teoretickým východiskem pro plnou eliminaci této systémové odchylky by bylo využití pevně ukotvené, standardizované globální sítě, jako je například hierarchický indexovací systém H3 hexagonů. Tento postup však nemohl být v rámci práce aplikován. Systém H3 totiž disponuje pouze fixně předdefinovanými velikostmi buněk, z nichž žádná exaktně neodpovídala specifickým parametrům navržené metodiky.

Limity vstupních dat a binárního modelování překážek

Přesnost dosažených výsledků je úzce vázána na metodický přístup k definici vizuálních bariér v krajině. V rámci této práce byly lesní porosty, na základě definovaných tříd využití území, chápány jako absolutně nepropustné překážky (tzv. no-vis zóny). V reálném prostředí, a to zejména v zimních měsících po přirozeném opadu listoví, se však řada vegetačních prvků stává částečně vizuálně průhlednými. Jak ve své studii prokazují Růžičková a kol. (2021), standardní nástroje v prostředí GIS umožňují primárně pouze binární rozlišení viditelných a neviditelných oblastí, což plně neodpovídá reálným vizuálním podmínkám v krajině. Na nedostatečnost tradičních binárních map pro potřeby plánování a hodnocení vizuálních dopadů upozorňuje i Palmer (2022). V rámci budoucího rozvoje představené metodiky by proto bylo žádoucí nahradit stávající binární klasifikaci pokročilými modely založenými na frakční propustnosti vegetace. Aplikace takového přístupu by umožnila přechod k plynulému spektru viditelnosti, čímž by bylo dosaženo ještě realističtější simulace vizuálních dopadů výškových staveb na chráněnou krajinnou scénu.

6 ZÁVĚR

Ústředním tématem této bakalářské práce byla ochrana krajinného rázu a vizuální integrity kulturních dominant před negativními vlivy moderních výškových staveb, primárně větrných elektráren. Cílem bylo navrhnout, otestovat a částečně automatizovat funkční metodický postup pro plošnou analýzu pohledové exponovanosti s využitím nástrojů geografických informačních systémů (GIS). Tento cíl se podařilo v plném rozsahu naplnit, čímž práce demonstruje úspěšný přechod od tradičního, často spíše subjektivního hodnocení vizuálních dopadů k exaktnímu, datově podloženému prostorovému modelování.

K dosažení vytyčeného cíle byl zvolen postup založený na integraci přesných výškových dat, konkrétně DMP OK a DMR 5G. Samotná analýza byla rozdělena do logických fází, které simulovaly reálné lidské vnímání krajiny. Prostřednictvím sestavených modelů (nástroje *P1* a *P2*) byla nejprve vyhodnocena přímá pohledová viditelnost dominanty a následně byla vypočtena maskovací kapacita okolní krajiny (tzv. limitní výška překážky – AGL) s aplikovaným zúženým dynamickým zorným úhlem. Postup byl prakticky ověřen ve dvou softwarových prostředích (ArcGIS Pro a QGIS) na třech typologicky odlišných lokalitách: u poutního kostela v Dubu nad Moravou, zříceniny hradu Helfštýn a Mariánské Týnice.

Aplikace metodiky přinesla zásadní výsledky týkající se absorpční schopnosti české krajiny. Při modelování referenční výšky větrné elektrárny 200 metrů se ukázalo, že rovinatý terén (Dub nad Moravou) nedisponuje prakticky žádnou přirozenou maskovací kapacitou, a výstavba takových objektů zde proto představuje absolutní prostorový konflikt. Naproti tomu členitější reliéfy (Helfštýn a Mariánská Týnice) dokážou díky lokálním horizontům a strmým svahům vytvořit bezpečná místa v terénním stínu, které takto masivní stavby dokážou pohledově absorbovat i v relativní blízkosti samotných památek.

Dalším klíčovým zjištěním je technologická divergence mezi použitými softwarovými platformami. Komparace proprietárního řešení ArcGIS Pro a open-source platformy QGIS jasně ukázala, že zatímco v rovinatém terénu jsou výsledky obou algoritmů téměř identické, v extrémně členitém reliéfu dosahuje plošný rozdíl identifikovaných rizikových zón propastných 18,7 %. Tento fenomén je způsoben odlišným matematickým přístupem k refrakci a zakřivení Země a představuje skryté riziko pro analytickou praxi.

Dosažené výsledky tak mají přímé uplatnění v praxi památkové péče. Vytvořené syntetické modely rizik poskytují objektivní a reprodukovatelný nástroj, který umožňuje jasně definovat nevhodné lokality pro větrnou energetiku a zároveň identifikovat prostory pro její šetrný rozvoj. Práce navíc přináší důležité zjištění pro geoinformatickou komunitu: při studiích vizuálního dopadu v topograficky složitém terénu je nezbytné kriticky reflektovat použitý výpočetní algoritmus, neboť samotná volba softwaru může fundamentálně ovlivnit výsledné expertní stanovisko.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- ADEME: Tout comprendre: L'éolien. Agence de la transition écologique (ADEME), 2024.
- Biasio, L., Campeol, G., Carollo, S., Foffano, S., Masotto, N.: Paesaggio ed energia eolica: modelli valutativi. *Valori e Valutazioni* č. 20, SIEV, 2018. ISSN 2036-2404.
- Bukáček, R., Vondráčková, S., Vorel, I.: *Metodika hodnocení krajinného rázu*. AOPK, 2023.
- Caha, J.: *Applications of Visibility Analyses in Landscape Planning*. 2019.
- Caha, J.: *Line of Sight Analyst – Advanced visibility metrics*. 2021.
- Caha, J.: *Line of Sight Analyst: ArcGIS Python Toolbox for visibility analyses*. 2017.
- Caha, J.: *Line-of-Sight Derived Indices: Viewing Angle Difference to a Local Horizon*. 2018.
- Caha, J.: *Representing Buildings for Visibility Analyses in Urban Spaces*. 2016.
- Caha, J.: *Reverse Viewshed Applications for Cultural Heritage Protection*. 2022.
- Caha, J., Mikita, T. et al.: *The potential of UAV data as refinement of outdated inputs for visibility analyses*. 2020.
- ČR – Ministerstvo pro místní rozvoj: *Metodika sledovaných jevů pro územně analytické podklady. Metodický návod k příloze č. 1 vyhlášky č. 500/2006 Sb.* 2019. https://mmr.gov.cz/getmedia/48cdbe94-bb00-4447-a469-13188d27e999/Metodicky_navod_UAP_jevy_12_2019_final.pdf.aspx?ext=.pdf
- Český úřad zeměměřický a katastrální. 2025a. *Digitální model reliéfu – DMR 5G*. [online]. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz> [cit. 13. 10. 2025]
- Český úřad zeměměřický a katastrální. 2025b. *Digitální model povrchu – DMP 1G*. [online]. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz> [cit. 13. 10. 2025]
- Čučković, Z: Advanced viewshed analysis: a Quantum GIS plug-in for the analysis of visual landscapes. *Journal of Open Source Software*, 2016 DOI: 10.21105/joss.00032.
- Di Bene, A., Scazzosi, L. (eds.): *Gli impianti eolici: suggerimenti per la progettazione e la valutazione paesaggistica*. Gangemi Editore, 2007. ISBN 978-88-492-1148-1.

Doležal, J.: *Pokročilé analýzy viditelnosti*. Diplomová práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, 2012. <https://theses.cz/id/1pavi8/>

Dostálek, J., Ehrlich, M., Kuča, K., Kučová, V., Pacáková, B.: *Metodika tvorby standardizovaného záznamu krajinné památkové zóny*. Národní památkový ústav, 2014. <https://www.npu.cz/cs/e-shop/7704-metodika-tvorby-standardizovaneho-zaznamu-krajinne-pamatkove-zony>

Ehrlich, M., Andrade Dnebovská, M.: *Preventivní hodnocení vlivu výstavby větrných elektráren na kulturní a památkové hodnoty krajiny*. Národní památkový ústav, 2025

English Heritage: *Wind Energy and the Historic Environment*. English Heritage, 2005. Product Code 51099.

ESRI: *ArcGIS Pro: Tool Reference*. [online]. Redlands (CA): Esri, 2023 [cit. 30. 9. 2025]. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.4/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm>

ESRI: *ArcGIS Pro Tool Reference: Geodesic Viewshed*. Redlands (CA): Esri, 2024 [cit. 27. 1. 2026]. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/geodesic-viewshed.htm>

Fisher, P.: *Algorithm and implementation uncertainty in viewshed analysis*. International Journal of Geographical Information Systems, 7(4), 331–347, 1993.

Hron, V., Hájek, F.: *Use of Aerial Images for Classification of Forest Cover*. International Symposium on Remote Sensing. 2016. https://www.researchgate.net/publication/312384356_Use_of_Aerial_Images_for_Classification_of_Forest_Cover

Inglis, N.C., Vukomanovic, J., Costanza, J., Singh, K.K.: *From viewsheds to viewsapes: Trends in landscape visibility and visual quality research*. Landscape and Urban Planning, 224, 104424, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104424>

Kemp, K.M.: *GIS for Landscape Architects*. Redlands: ESRI Press, 2018. ISBN 978-1589485129.

Kou, H., Zhang, L., Zhang, S.: *Visual Impact Assessment Method for Cultural Heritage: West Lake Cultural Landscape in Hangzhou, China*. Land, 13(10), 1596, 2024. <https://doi.org/10.3390/land13101596>

Křesadlová, L., Pavlátová, M., Olšan, J., Ehrlich, M.: *Metodika prostorové analýzy památky zahradního umění*. Národní památkový ústav, 2015. <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-204295>

Kuča, K., Kučová, V.: *Metodika identifikace a klasifikace území s urbanistickými hodnotami*. Národní památkový ústav, 2015. <https://www.npu.cz/cs/e-shop/18517-metodika-identifikace-a-klasifikace-uzemi-s-urbanistickymi-hodnotami>

Metodický návod k vyhodnocení možností umístění větrných a fotovoltaických elektráren z hlediska ochrany přírody a krajiny. *Věstník MŽP*, částka 11, 11/2009, odstavec A.1.1.

[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/074CB74AC5515EECC12576720052136D/\\$file/OV-V-Vestnik_11-20091118.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/074CB74AC5515EECC12576720052136D/$file/OV-V-Vestnik_11-20091118.pdf)

Národní památkový ústav. 2025a *Poutní kostel Očišťování Panny Marie v Dubu nad Moravou*. [online] Dostupné z: <https://www.npu.cz> [cit. 13. 10. 2025]

Národní památkový ústav. 2025b *Mariánská Týnice – poutní areál*. [online] Dostupné z: <https://www.npu.cz> [cit. 13. 10. 2025]

Palmer, J.F.: *Deconstructing viewshed analysis makes it possible to construct a useful visual impact map for wind projects*. *Landscape and Urban Planning*, 225, 104423, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104423>

Palmer, J.F.: *The contribution of a GIS-based landscape assessment model to a scientifically rigorous approach to visual impact assessment*. *Landscape and Urban Planning*, 189, 80–90, 2019. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2019.04.013.

Ruzickova, K., Ruzicka, J., Bitta, J.: *A new GIS-compatible methodology for visibility analysis in digital surface models of earth sites*. *Geoscience Frontiers*, 12, 101109, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.11.006>

Santosa, H., Yudono, A., Sutikno, F.R., Adhitama, M.S., Tolle, H., Zuliana, E.: *Visibility Evaluation of Historical Landmark Building Using Photographic Survey Coupled with Isovist and Viewshed Analysis*. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development B: Planning Analysis and Simulation*, 11(4), 71–92, 2023. https://doi.org/10.14246/irspsd.11.4_71

Sukwai, J., Mishima, N., Srinurak, N.: *Identifying visual sensitive areas: an evaluation of view corridors to support nature-culture heritage conservation in Chiang Mai historic city*. *Built Heritage*, 6, 23, 2022. <https://doi.org/10.1186/s43238-022-00071-z>

Vorel, I., Bukáček, R., Matějka, P., Culek, M., Sklenička, P.: *Metodika posouzení vlivu navrhované stavby, činnosti nebo změny využití území na krajinný ráz*. Nakladatelství Naděжда Skleničková, 2003. <https://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/31.pdf>

Weydt, J.: *World Heritage and wind energy planning: Protecting visual integrity in the context of the energy transition*. UNESCO World Heritage Centre, 2021.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 (elektronická volná) Poster

Popis struktury odevzdávaných digitálních dat na datové úložiště

ledvinka26

vstupni_data – geodatabaze se stresem pamatky, body pozorovatele a DMR 5G

dub.gdb

helfstyn.gdb

tynice.gdb

vystupy

P1.gdb

P2.gdb

synteza.gdb

model_p1

P1_qgis.qgz

READ_ME.txt

text

poster

web

Skripty k P1 a P2 a DMP OK jsou z licenčních důvodů uloženy u vedoucího práce