# Příloha 1 – Podrobná technická specifikace

## Úvod

Předmětem zakázky je pořízení dat šikmého leteckého snímkování území města Prahy a pořízení dat leteckého laserového skenování LiDARu.

Letecké snímky a LiDAR mračno bodů budou pořízeny pro celé území Prahy (cca 660 km2) v rozsahu zájmového území vymezeného v příloze č. 2 smlouvy o dílo ve vegetačním období roku 2022.

Nedílnou součástí předmětu zakázky bude také vytvoření odvozeného fototexturovaného 3D mesh modelu a odpovídajícího digitálního modelu terénu (DTM) + z něho odvozených vrstevnic.

## Požadované výstupy a jejich specifikace

1. **Šikmé letecké snímky**

Letecké snímkování bude provedeno šikmým kalibrovaným pětikamerovým snímkovacím systémem (4 kamery umístěné rotačně symetricky do čtyř stran, 5. kamera snímkuje svisle k zemi) umístěné v letadle s výsledným rozlišením v nadiru ≤ 5cm/px. Snímky musí být pořízeny pod maximálním úhlem 45 ° (s přesností + - 5°).

Pořízeny budou RGB letecké snímky v přirozených barvách, které musí splňovat podmínku náletu provedeného po osách rovnoběžných se souřadnicovým systémem S-JTSK Krovak East North s minimálním podélným překrytem 70% a příčným překrytem 50% - všechna místa v území musí být pokryta šikmými snímky ve všech 4 směrech, při zajištění eliminace takzvaných slepých míst.

Snímky budou pořízeny v rozlišení 5cm/px (velikost pixelu u snímku z kolmé kamery nesmí být větší než 5 cm elementu originálního obrazu) a 16bitovou barevnou hloubkou s informací minimálně 12 bit ve zdrojových snímcích.

Letecké snímkování musí proběhnout z plně vegetačního období roku 2022 za příznivých klimatických a povětrnostních podmínek (ideálně bezoblačné počasí) a v co nejkratším časovém rozmezí mezi letovými dny. Výška letu bude zvolena tak, aby byly splněny všechny požadavky na přesnost a rozlišení výsledných produktů.

Ve snímaném území je potřeba zřídit a zaměřit kontrolní síť vlícovacích bodů. Jejich počet, rozmístění a způsob signalizace by měl zajistit získání požadované přesnosti procesu následné aerotriangulace. Přitom je možné využít také stávající síť vlícovacích bodů IPR pro potřeby pořizování ortofot. Seznam vlícovacích bodů a jejich parametry jsou ke stažení zde: <https://cloud.iprpraha.cz/index.php/s/DdYYNLbwr7HYLT5>

Všechny šikmé letecké snímky budou zpracovány triangulační metodou, která ve výsledném využití umožní měření ploch i výšek objektů.

Bude provedeno radiometrické a fotometrické vyrovnání všech snímků za účelem vyrovnání kontrastů a jejich barevného podání. Dílo bude barevnostně upraveno.

Pořízené snímky by měly umožnit jejich použití k aplikaci textur na 3D model budov (kapitola 3D mesh).

Z kolmých leteckých měřických snímků bude zpracována ortofotomapa ve výsledném rozlišení maximálně 5cm/px v souřadnicovém systému S-JTSK Krovak East North. Ukládací jednotka bude dle kladu mapových listů ZMVM 1:1000, s pojmenováním jednotlivých souborů dle tohoto listokladu.

Předány budou:

* Šikmé letecké měřické snímky v TIFF a JPG formátu
* Georeferencované šikmé letecké snímky v souřadnicovém systému S-JTSK ve formátu TIFF + TFW
* Georeferencované šikmé letecké snímky v souřadnicovém systému S-JTSK ve formátu JPG + JGW
* Kolmá (true) ortofotomapa v souřadnicovém systému S-JTSK ve formátu JPG + JGW
* Každý šikmý snímek bude opatřen metadaty (datum a čas pořízení, směr náletu, souřadnice lichoběžníkového průmětu vypočtené s přihlédnutím k DTM, úhly otáčení omega, kappa, klopení, stoupání, případně další)

1. **Mračno bodů leteckého LiDARu**

Vedle leteckých šikmých snímků bude také pořízeno podrobné letecké laserové skenování území Prahy. Pořízení dat laserového skenování umožní dále zpřesnit 3D fototexturovaný mesh model. Tato data budou využita také pro vytvoření modelu terénu DTM s vysokou přesností (cca do 10 cm). Data klasifikovaného laserového skenování dále umožní hromadné analýzy vegetace (umístění kmenů, výpočty objemů korun, aj.) a to i v obecně nepřístupných územích (vnitrobloky, uzavřené areály, aj.).

Požadavky na vytvoření LiDAR mračna bodů:

* hustota bodů - minimálně 20 bodů/m2 (min. 10 bodů/m2 pro každý směr trasy)
* relativní a absolutní vyrovnání mračna bodů
* maximální úhel snímání 45 ° (s přesností + - 5%).
* příčný překryt mezi skenovanými pásy minimálně 50%
* požadovaná přesnost pro vyrovnané mračno - kontrolní hodnoty: nadmořská výška mh ≤ 0,10 m, polohová mXY ≤ 0,20 m.
* klasifikace do základních tříd:
* body zpracovány, ale neklasifikovány (šum)
* body ležící na zemi
* body představující nízkou vegetaci, tj. v rozsahu 0 - 0,40 m
* body představující střední vegetaci, tj. v rozsahu 0,40 - 2,00 m
* body představující vysokou vegetaci, tj. v rozsahu nad 2,00 m
* body představující budovy, stavby a inženýrské stavby (jako jsou mosty, viadukty, jiné stavby)
* body představující oblasti pod vodou = vodní toky a plochy

každý bod bude obsahovat minimálně tyto atributy – RGB barva, typ podle klasifikace, datum a čas získání bodu, úhel skenování.

Předána budou:

* LiDAR data v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém Bpv v LAS formátu, nařezané dle kladu mapových listů ZMVM 1:1000
* LiDAR data v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém Bpv v LAZ formátu, nařezané dle kladu mapových listů ZMVM 1:1000

1. **Fototexturovaný 3D mesh model území**

Zdrojem pro výrobu 3D mesh modelu jsou výše zmíněné šikmé letecké snímky a data leteckého laserového skenování LiDAR. Kvalita fototexturovaného 3D mesh modelu Prahy, tedy bude odpovídat rozlišení 5cm/px.

Použití šikmých snímků jako zdroje dat umožní zpracování souvislé 3D fotorealistické reprezentace území včetně všech objektů, a to i těch, které jsou ze svislého pohledu skryté a to do maximální míry podrobnosti, kterou poskytují vstupní data.

Pro generování modelu jsou nutné vlícovací body, které se identifikují na jednotlivých snímcích. Před vlastním generováním modelu proběhne automatická triangulace, při které jsou zpřesněny prvky vnější orientace snímků za použití autokorelačních výpočtů a vlícovacích bodů. Ze ztriangulovaných snímků je vygenerované mračno bodů, které je v kombinaci s mračnem z dat LiDAR použito jako zdroj pro trojúhelníkový model za účelem dosažení maximální podrobnosti a přesnosti, model je následně fototexturovaný.

Výsledný model musí být geometricky a texturově úplný, nesmí obsahovat žádné díry. Případné hrubé chyby v geometrii či textuře výsledného modelu zejména u vysokých budov je třeba opravit přegenerováním nebo ručně, aby bylo dosaženo optimálního výsledku.

Formát dat:

* 3D texturovaná vizualizace ve formátu kompatibilním s prostředím Cesium a prostředím ESRI (platforma ArcGIS) pro práci (vizualizace, editace, analýzy) jak z lokálního disku, tak pro webovou prezentaci.

Tedy výsledný model bude uložený ve formátu I3S, převedený do SLPK pro využití v prostředí ESRI a ve formátu 3D Tiles (b3dm) pro použití v prostředí Cesium.

* Dodání ve formě umožňující práci v následujících souřadnicových systémech:
* WGS 1984
* S-JTSK Krovak East North

1. **DTM**

Digitální model terénu (DTM) modeluje zemský povrch ve smyslu holého povrchu bez ohledu na vegetaci a lidské výtvory jako jsou budovy, mosty apod.

Požadavky na zpracování DTM:

* Ověření stávajících povinných spojnic (hrany a paty svahů, hřbetnice, údolnice apod.) a aktualizace jejich průběhu. Doplnění nových povinných spojnic, kde došlo ke změně v průběhu terénu
* Vytvoření trojúhelníkové sítě reprezentující terén na území Prahy na základě pořízeného LiDAR mračna bodů a povinných spojnic s výškovou přesností lepší než 10 cm
* Odvození generalizovaného digitálního modelu terénu (GDTM) z dat vytvořeného DTM. Generalizace bude provedena pro měřítko 1:25 000

Výstupní formáty DTM:

* ASCII - seznam souřadnic podrobných bodů a přepis povinných spojnic - celé území Prahy
* SHP PointZ - 3D podrobné výškové body
* SHP LineZ - 3D povinné spojnice
* ESRI TIN - trojúhelníková síť s povinnými spojnicemi - území Prahy rozdělené po mapových listech 1:5 000
* DXF trojúhelníková síť s povinnými spojnicemi - území města Prahy rozdělené po mapových listech 1:5 000
* DGN trojúhelníková síť s povinnými spojnicemi - území města Prahy rozdělené po mapových listech 1:5 000
* Rastrový ekvivalent DTM s rozlišením 0,5m (případně lepším) ve formátu ESRI Grid. Hodnota buněk je nadmořská výška terénu v souřadnicovém systému Bpv. Uváděna je v metrech ve formátu desetinného čísla s minimálně 3 desetinnými místy.

Výstupní formáty GDTM:

* ASCII - seznam souřadnic podrobných bodů a přepis povinných spojnic - celé území Prahy
* SHP PointZ - 3D podrobné výškové body
* SHP LineZ - 3D povinné spojnice
* ESRI TIN - trojúhelníková síť s povinnými spojnicemi - celé území Prahy
* DXF trojúhelníková síť s povinnými spojnicemi - území města Prahy rozdělené po mapových listech 1:5 000
* DGN trojúhelníková síť s povinnými spojnicemi - území města Prahy rozdělené po mapových listech 1:5 000

1. **Vrstevnice**

Z výsledného DTM budou odvozeny 3 sady vrstevnic o intervalech:

1 m (hlavní vrstevnice 5 m)

2 m (hlavní vrstevnice 10 m)

5 m (hlavní vrstevnice 25 m)

Vrstevnicové výkresy budou v 3D technologii (každý bod vrstevnice má výšku s nepřerušovanou linií bez popisu). Vrstevnice se nesmí protínat. V atributu bude uvedena nadmořská výška v souřadnicovém systému Bpv, kterou daná vrstevnice reprezentuje.

Vrstevnice budou předány ve formátech:

* SHP LineZ – celé území Prahy
* DXF – území Prahy rozdělené po mapových listech 1:5 000
* DGN – území Prahy rozdělené po mapových listech 1:5 000

1. **Technická zpráva, protokoly a seznamy souřadnic**

Zpracována bude také technická zpráva obsahující informace o parametrech snímkování, použitém technickém vybavení a SW a použitých metodách zpracování dat a tvorby produktů.

Přílohami technické zprávy budou minimálně:

* protokol letu
* kalibrační protokoly
* plný protokol AAT
* datová vrstva kladu mapových listů obsahující středy snímků s datem a časem snímkování
* přehledová mapa šikmých snímků ve formátu SHP = polygonová vrstva s lichoběžníkovou projekcí každého snímku a jeho názvem
* seznam souřadnic vlícovacích bodů

1. **Odevzdání**

Všechna data budou odevzdána zadavateli na vhodném nosiči, přičemž tento nosič je součástí dodávky.