

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Laserové skenování z hlediska nákladovosti

Bc. Jakub KARAS

© 2019 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Karas

Provoz a ekonomika

Název práce

Laserové skenování z hlediska nákladovosti

Název anglicky

Laser scanning in light of costs

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit ucelený přehled metod laserového skenování a především vytvořit cenovou kalkulaci a výběr metody skenování z hlediska nákladovosti.

Metodika

Prostudování odborné literatury, navštívení odborných konferencí, konzultace s odborníky a vlastní zkušenost – práce v oboru s touto technologií.

Data získáním od odborníků a z vlastních realizovaných zakázek. Vytvoření studie proveditelnosti, ekonomické zhodnocení nákladovosti použité metody.

Doporučený rozsah práce

60-80 stran

Klíčová slova

Laserové skenování, pozemní skenování, letecké skenování, kalkulace, nákladovost, mračno bodů, vřícovací body

Doporučené zdroje informací

1. Kašpar, Miloš. Laserové skenovací systémy ve stavebnictví. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2003. ISBN 80-900860-3-9
2. Pavelka, Karel. Fotogrammetrie 20. 1. vydání. Praha: CVUT, 1998. 153 s. ISBN 80-01-01712-5
3. Pavelka, Karel. Fotogrammetrie 30 Digitální metody. 1. vydání. Praha: CVUT, 2001. ISBN 80-01-02413
4. Šmidrkal, Josef. Fotogrammetrie 1. 3. vydání. Praha: CVUT, 1975. 226s. ISBN 55-482-75
5. Šmidrkal, Josef. Fotogrammetrie 2 Přístroje a Metody. 1. vydání. Praha: CVUT, 1985. 266s. ISBN 54-51
6. Šmidrkal, Josef. Fotogrammetrie a DPZ. 2. vydání. Praha: CVUT, 1991. 225 s. ISBN 80-0100653-0
7. Štroner, Martin. Terestrické skenovací systémy. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04141-3

Předběžný termín obhajoby

2017/18 ZS – PEF (únor 2018)

Vedoucí práce

Ing. Michal Steininger, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2017

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2017

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2019

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Laserové skenování z hlediska nákladovosti vypracoval samostatně s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu literatury, vlastních získaných poznatků a odbornými konzultacemi s vedoucím diplomové práce.

Praha

Bc. Jakub Karas

Děkuji panu Ing. Michalu Steiningerovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za odborné vedení, připomínky a rady, které mi poskytoval v průběhu zpracování této diplomové práce.

Laserové skenování z hlediska nákladovosti

Souhrn

Cílem diplomové práce je vytvořit neexistující ucelený přehled moderních metod laserového skenování, především z hlediska nákladovosti a potřebných investic při nabízení těchto služeb na trhu, formou studie proveditelnosti.

Rešerše diplomové práce pojednává v první části o teoretickém základu laserového skenování. Uvádí teorii a přehled metod skenování, postupy při skenování a dělení laserových skenovacích systémů. Práce dále představuje přehled vstupních dat, metod získávání a tvorbu trojrozměrných modelů, vizualizací a dalších výstupů, analýzu přesnosti a využití dat.

V analytické části se tato práce zaměřuje na hodnocení laserového skenování z hlediska nákladovosti formou studie proveditelnosti. Na příkladu začínající firmy bude proveden rozbor nákladovosti a potřebných investic, z hlediska nároků na vstupní data a prostředky, včetně příkladů využití jednotlivých metod v praxi a kalkulace jejich nákladů tak, aby firma zvolila nejvhodnější prostředek a metodu laserového skenování pro svůj co největší zisk. Současně bude provedena analýza metod laserového skenování a poskytovaných služeb z hlediska přesnosti a nákladů na koncového uživatele.

Práce zahrnuje konkrétní objem potřebných investic i z hlediska několika investičních variant, vzhledem k očekávanému postavení subjektu na trhu v lokálním nebo evropském měřítku, včetně výpočtu návratnosti investice.

Klíčová slova

Laserové skenování, LiDAR, pozemní skenování, letecké skenování, skener, mračno bodů, vřícovací body, přesnost, nákladovost

Laser scanning in light of complete costs

Summary

The thesis is focused in first part on theoretical basis of the laser scanning. It provides an overview of the laser scanning methods, their division for hand, terrestrial, mobile and aerial. The thesis also presents an overview of the input data, acquisition methods of data and creating of three-dimensional (3D) models, visualization and other outputs, error analysis and use of the data.

In the second part of this thesis, the author is focused on the evaluation of laser scanning in terms of cost. With an example of startup company there will be an analysis of the cost of each method in terms of claims on the input data and resources, including examples of use of different methods in practice and calculating their cost so that the company has chosen the most appropriate laser scanner and the method of scanning for maximize company profit. Furthermore, there will be an analysis of methods of laser scanning and services in terms of accuracy and the cost to the end user.

Key words

Laserové skenování, pozemní skenování, letecké skenování, kalkulace, nákladovost, mračno bodů, vlíčovací body.

Seznam zkratek

CAD – Computer-Aided Design

ČÚZK - Český úřad zeměměřický a katastrální

UAV – Unmanned Aerial Vehicles – Bezpilotní letecké prostředky

LSS – laserové skenovací systémy

DPZ - Dálkový průzkum Země

GPS - Global positional system (Globální polohový systém)

IMU - Inertial measurement unit (Inerční měřicí jednotka)

RGB - Red, Green, Blue (červená, zelená, modrá)

S-JTSK - Jednotný trigonometrický systém katastrální

WGS - World Global System (Světový polohový systém)

HW – Hardware

SW - Software

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 11 |
| CÍL PRÁCE | 12 |
| METODIKA | 12 |
| 1. TEORIE LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ | 15 |
| 1.1 PRINCIP LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ | 15 |
| 1.2 DĚLENÍ LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ | 18 |
| 2. TEORIE APLIKACE A VÝHODY LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ | 20 |
| 2.1 APLIKACE LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ..... | 20 |
| 2.2 VÝHODY LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ..... | 26 |
| 3. TEORETICKÉ POSTUPY PŘI SKENOVÁNÍ | 28 |
| 3.1 REKOGNOSKACE A VOLBA STANOVIŠTĚ PRO SKENOVÁNÍ | 28 |
| 3.2 SIGNALIZACE A ZAMĚŘENÍ VLÍCOVACÍCH BODŮ | 30 |
| 3.3 MĚŘENÍ | 31 |
| 3.4 ZPRACOVÁNÍ..... | 31 |
| 3.5 VÝSTUPY A VIZUALIZACE | 33 |
| 4. PŘEHLED LASEROVÝCH SKENOVACÍCH SYSTÉMŮ | 35 |
| 4.1 LETECKÉ SKENERY..... | 35 |
| 4.2 MOBILNÍ SKENERY | 36 |
| 4.3 RUČNÍ SKENERY | 38 |
| 4.4 POZEMNÍ (TERESTRIÁLNÍ) SKENERY..... | 39 |
| 5. TEORIE STUDIE PROVEDITELNOSTI | 46 |
| 5.1 ANALÝZA TRHU | 47 |
| 5.2 MARKETINGOVÁ STRATEGIE | 48 |
| 5.3 ORGANIZAČNÍ PLÁN..... | 48 |
| 5.4 FINANČNÍ PLÁN | 49 |
| VLASTNÍ PRÁCE | 50 |
| 6. STUDIE PROVEDITELNOSTI | 51 |
| <i>Cíle projektu</i> | 52 |
| <i>Popis technologie</i> | 54 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 6.1 | ANALÝZA TRHU A MOŽNOSTI POUŽITÍ LSS | 55 |
| 6.1.1 | <i>Komerční příležitosti rozdělené podle oboru využití laserových skenerů.....</i> | 55 |
| 6.1.2 | <i>Zaměření, výstupy a aplikace z laserových skenovacích systémů</i> | 59 |
| 6.1.3 | <i>Analýza trhu – konkurence v ČR.....</i> | 60 |
| 6.1.4 | <i>SWOT analýza.....</i> | 61 |
| 6.1.5 | <i>Vstupní bariéry a rizika</i> | 64 |
| 6.2 | ANALÝZA NÁKLADŮ LSS ZAŘÍZENÍ VČETNĚ PŘÍSLUŠENSTVÍ | 65 |
| 6.2.1 | <i>Pozemní laserové skenery</i> | 65 |
| 6.2.2 | <i>Finální výběr laserového skenovacího zařízení v roce 2018</i> | 66 |
| 6.2.3 | <i>Nákup vybraného LSS zařízení včetně příslušenství v roce 2018.....</i> | 67 |
| 6.2.4 | <i>Cíle pro rok 2019</i> | 69 |
| 6.3 | PLÁN PROJEKTU A FINANČNÍ POSOUZENÍ | 71 |
| 6.3.1 | <i>Plán, fáze a organizace projektu.....</i> | 71 |
| 6.3.2 | <i>Organizační plán</i> | 72 |
| 6.3.3 | <i>Marketingová strategie.....</i> | 73 |
| 6.3.4 | <i>Obchodní strategie.....</i> | 77 |
| 6.3.5 | <i>Návaznost na příbuzné a již realizované projekty v ČR.....</i> | 79 |
| 6.3.6 | <i>Předpokládané příjmy v roce 2019</i> | 79 |
| 6.3.7 | <i>Rozpočet projektu</i> | 80 |
| 6.3.8 | <i>Výpočet návratnosti investice.....</i> | 84 |
| 6.3.9 | <i>Posouzení plánu</i> | 84 |
| 6.4 | SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ STUDIE PROVEDITELNOSTI..... | 86 |
| | ZÁVĚR | 88 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 90 |
| | SEZNAM TABULEK A GRAFŮ | 91 |
| | SEZNAM ZDROJŮ | 92 |
| | PŘÍLOHY..... | 96 |

Úvod

Laserové skenování představuje jednu z nejmodernějších metod sběru dat o terénu. V současné době se jedná o nejrychlejší metodu sběru výškopisných a polohopisných dat. Jeho výhodou je možnost využití nejen pro tvorbu digitálních modelů terénu, ale představuje jednu z nejrychlejších a nejpresnějších metod i pro modelování jednotlivých objektů na terénu. Je možné ho využít pro 3D modelování Zemského povrchu, přírodních ale i člověkem vytvořených objektů (budovy, sochy, tunely, mosty apod.). Výhodou laserového skenování je vysoká přesnost, kterou lze využít např. pro porovnávání skenovaného stavu s projektovou dokumentací a měření různých odchylek nebo chyb v konstrukcích (dálnice, mostovky, fasády...). V závislosti na přesnosti, použité metodě nebo senzoru laserového skenování se liší náklady na pořízení prostorových dat a modelů.

Pro využívání laserového skenování je potřeba znát všechny součásti této metody, které určují koncové náklady na využití této technologie. Tato práce přináší ekonomický rozbor pro využití metody laserového skenování.

Cíl práce

Cílem práce je vytvořit ucelený přehled metod laserového skenování, a především formou studie proveditelnosti popsat služby laserového skenování z hlediska nákladovosti a potřebných investic za účelem nabídky těchto služeb na trhu.

Metodika

První část diplomové práce tvoří rešerše literatury zabývající se laserovým skenováním, především pak pozemním laserovým skenováním. Rešerši diplomové práce tvoří samotná teorie metody laserového skenování a komplexní zhodnocení této metody. Dále je součástí ucelený přehled laserových skenerů dostupných na trhu, a především možnosti využití laserově skenovacích systémů na praktických příkladech v podmínkách našeho tržního prostředí. Mezi hlavní zdroje této části patří především technická literatura, zkušenosti autora, aktivní účast na odborných akcích. Součástí rešerše je také popis složení studie proveditelnosti, jejích hlavních částí a charakteristik s ohledem na tvorbu analýzy trhu, marketingové strategie, organizačního a finančního plánu.

Studie proveditelnosti tvoří vlastní práci diplomové práce, která má za cíl komplexně shrnout situaci na trhu laserově skenovacích systémů a dostatečně připravit případný podnikatelský subjekt pro vstup na trh s laserově skenovacími systémy, včetně všech potřebných analýz, organizačního plánu, marketingové a obchodní strategie, harmonogramu prací a potřebných investic, včetně jednotlivých fází, podnikatelského plánu a cílů organizace.

Vzhledem k nedostatku literatury zabývající se nejen laserovým skenováním, ale především laserovým skenováním z pohledu finančního porovnání jednotlivých metod, je v druhé části práce proveden průzkum trhu největších subjektů v oblasti zpracování dat laserového skenování. Autor v daném oboru pracuje několik let, a proto má velký přehled o produktech, financích a konkurenčním prostředí z této oblasti zpracování dat. Zdrojem pro vlastní práci je tedy především vlastní zkušenost autora práce a orientace na tomto specifickém trhu, včetně znalostí konkurenčního prostředí na trhu v České republice. V současnosti totiž neexistuje nezaujatý, zato však odborný přehled dané problematiky, která se stává stále více

v současnosti žádanějším zdrojem technických geoprostorových dat v nejrůznějších oborech. Vlastní práce se skládá z co nejvíce potřebných dat a údajů, které byly nashromážděny autorem speciálně pro tuto práci za účelem komplexního přehledu a doporučení, které může případný zájemce o tento specifický obor a podnikání v něm získat.

Kromě samotného popisu technologie a celého projektu patří mezi hlavní části vlastní práce analýza trhu a možnosti použití laserově skenovacích systémů, která byla vytvořena především na základě klasifikace ekonomických činností CZ-NACE dle Českého statistického úřadu a dle místních průzkumů u identifikovaných vybraných subjektů, kteří se pohybují na tomto trhu. Součástí analýzy trhu je identifikace subjektů na tomto trhu v České republice a ověření výhradních českých distributorů zahraničních výrobců těchto systémů na základě identifikace největších zahraničních výrobců a jejich kontaktování za účelem získání lokálních partnerů. Analýzu trhu doplňuje SWOT analýza a identifikace rizik a obrana proti nim na základě shrnutí analýzy trhu a plynoucího konkurenčního prostředí při vstupu nového subjektu na tento trh. Dále je součástí vlastní práce analýza nákladů na laserově skenovací systémy včetně jejich příslušenství, která uvádí přehled doporučených nejnovějších laserově skenovacích technologií pro zvolené pozemní skenování a srovnání jejich parametrů, na jejichž základě je proveden výběr nejvhodnějšího laserově skenovacího systému pro nákup při založení podnikatelského subjektu v tomto oboru a před vstupem na trh i z pohledu potřebných investic. Součástí je dále marketingová strategie a organizační plán podniku. Kromě samotného systému je provedena i analýza potřebného příslušenství a nákladově zhodnoceno v roce 2019 podle aktuálních tržních cen ověřených u výrobců, které byly prováděny autorem. Součástí je stanovení cílů nového subjektu pro působení na trhu v tomto oboru v závislosti na zvolené investiční variantě rozvoje.

Z provedených analýz je provedeno finanční posouzení a návrh rozpočtu celého projektu pro uplatnění nového subjektu v tomto oboru v České republice. Tento plán je proveden pro celkem tři různé varianty především z hlediska objemu investic, které určují jak velké cíle a zhodnocení lze u tohoto specifického odvětví očekávat. Dále je ve vlastní práci vytvořena obchodní strategie při vstupu nového subjektu na trh na základě místního průzkumu mezi největšími subjekty v tomto oboru na českém trhu, na základě již uvedené klasifikace ekonomických činností CZ-NACE a konzultacemi na odborných konferencích týkající se

této problematiky. Vše doplňuje navržený harmonogram a plán všech fází projektu a organizace celého projektu při vstupu na tento nový specifický trh na základě ověření všech termínů dodání při pořizování nezbytných zdrojů a předpokládaných navazujících etap projektu. V závěru vlastní práce je závěrečné zhodnocení celé studie proveditelnosti především s ohledem na návratnost vložených investic a samotný závěr diplomové práce.

1. Teorie laserového skenování

Laserové skenování je „způsob detekování objektů pomocí pohyblivého laserového paprsku, jehož stopy jsou na povrchu objektu uspořádány v rastru nebo řádcích (tzv. bodové mračno)“ (vugtk.cz, citace online dne 19.5.2017).

Laserové skenování se někdy uvádí zkráceně tzv. LiDAR. Jedná se o akronym z anglického Light Detection and Ranging tedy jedná se o „přístroj nebo technologii k detekci objektů a měření vzdáleností“ (Dolanský, 2004).

Jedná se o metodu dálkového průzkumu země (DPZ), což je „věda i umění získávat informace o objektech, plochách či jiných jevech prostřednictvím dat měřených na zařízení, která s těmito zkoumanými objekty, plochami či jevy nejsou v přímém kontaktu“ (Lillesand, 2003).

Laserové skenování umožňuje bezkontaktní určení 3D souřadnic, trojrozměrné modelování a vizualizaci nejrůznějších staveb, konstrukcí, interiérů apod. a to s vysokou přesností, rychlostí a komplexností. Objekt, který je nasnímán technologií laserového skenování může být v nejrůznějších software zobrazen jako mračno bodů, ze kterého je možné generovat model objektu, případně ho přenést do GIS a CAD systémů (Kašpar, 2003).

Vedle laserového skenování existují i další metody určování 3D souřadnic. Jedná se např. o digitální fotogrammetrii, triangulační 3D skenery, radarovou interferometrii, geodetické metody nebo měření pomocí GPS (Pavelka, 2006).

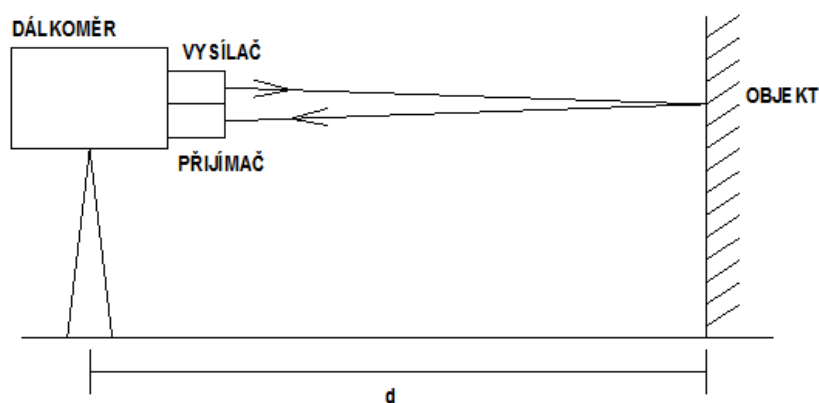
1.1 Princip laserového skenování

3D laserový skenovací systém je systém umožňující převést vybraný reálný objekt do podoby počítačového virtuálního modelu CAD (computer-aided design). Takový systém se skládá z 3D laserového skeneru, software pro řízení (ovládání) a zpracování (modelování), příslušenství (stativ, baterie atd.). 3D laserový skener je takové zařízení, které je schopno po nastavení parametrů skenování obsluhující osobou automaticky provést 3D skenování. Řídící počítač je zařízení vybavené řídicím software, který řídí práci skeneru a registruje měřené hodnoty. U některých výrobců je počítač integrován do skeneru v podobě ovládacího panelu. Software pro zpracování je programový systém sloužící pro zpracování naměřených

mračen bodů. Výstupem bývá počítačový model objektu. V rámci 3D laserového skenování laserový skener určuje prostorové souřadnice bodů a ukládá je do paměti. Některé laserová skenovací zařízení jsou navíc schopna měřit intenzitu přijatého záření. Z parametrů skenování jsou nejdůležitější především velikost a poloha skenovaného pole a poté hustota skenování. Výsledkem je mračno bodů, neboli soubor zaměřených bodů ve 3D se souřadnicemi x, y a z, případně dalšími doplňkovými atributy (la-ma.cz, citace online dne 8.4.2017).

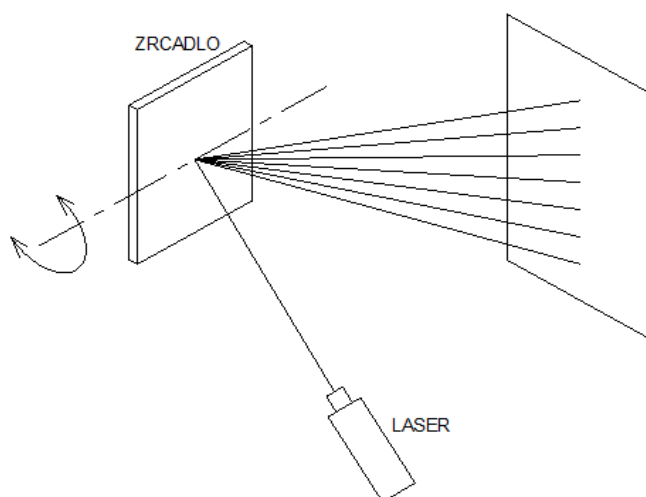
Princip LiDARU je podobný jako u radaru - skener vyšle laserový impuls a měří jeho odraz. Z doby mezi vysláním impulsu a přijetím jeho odrazu je možné spočítat vzdálenost k místu odrazu. Laserový impuls je tvořen celým svazkem světla - na rozdíl od radaru, který vysílá jediný radarový signál. Díky tomu je možné mnohem přesněji zaměřit daný objekt. LiDARové impulsy jsou vysílány opakovaně, pokaždé jiným směrem. Díky tomu získáváme obrovské množství dat za velice krátký časový úsek - až tisíce nebo statisíce bodů za sekundu (gis.zcu.cz, citace online dne 18.2.2017).

Zdrojem záření pro laserové skenovací systémy je laser. Laser je z fyzikálního hlediska elektronický zesilovač elektromagnetického záření nejčastěji v oblasti viditelného spektra a přílehlých vlnových délek. Lasery se nejčastěji třídí podle aktivního prostředí na lasery v pevné, plynové, kapalně, chemické nebo v polovodičové fázi (Kašpar, 2003). Nejčastěji jsou využívány právě lasery polovodičové.



Obr. 1: Měření délek (Kašpar, 2003)

Elektromagnetické vlnění vychází z vysílače, odráží se na koncovém bodě na odrazném systému a vrací se zpět do přijímače umístěného v počátku měřené délky (la-ma.cz, citace online dne 8.4.2017). Elektronické dálkoměry, které fungují podle schématu na Obr. 1, využívají měření odraženého elektromagnetického vlnění vycházejícího z vysílače. V případě laserového skenování je takovým elektromagnetickým vlněním laserový paprsek. Základním principem fungování laserového skeneru je prostorová polární metoda viz. Obr. 2. K určení souřadnic bodu P je třeba znát délku průvodiče r (měřená délka) a úhly Θ , φ . Úhly jsou získávány například z polohy zrcadel, které rozmítají laserový svazek a délka např. impulsním dálkoměrem skeneru synchronizovaně s polohou zrcadel. Výsledkem výpočtu jsou 3D souřadnice měřeného bodu objektu v souřadnicovém systému skeneru, který je obecně orientován a umístěn. Ve skenovacích systémech je využíváno rozmítání (vychylování) laserového svazku pomocí rotujícího (kmitajícího) zrcadla, takto je vytvořen svazek přímek ležících v rovině. Spojením dvou zrcadel lze svazek vychylovat ve dvou směrech, případně pomocí rotujícího optického odrazného hranolu. Pro naskenování bodu objektu se používá těchto principů rozmítání laserového svazku, pomocí kterých jsou na povrchu objektu měřeny body v profilech ve zvolené hustotě. Takto zaměřené body tvoří tzv. mračno bodů. Pro zlepšení orientace uživatele při zobrazení je v některých systémech bod zobrazen nejen polohou, ale také barvou, která vyjadřuje intenzitu přijatého signálu při měření délek. Barevně jsou takto odlišeny povrchy z různých materiálů, úprav a geometrické konfigurace (Kašpar, 2003).



Obr. 2: Princip rozmítání svazku zrcadlem (Kašpar, 2003)

Laserový skener se skládá ze dvou částí – laserového dálkoměru a skenovacího mechanismu. Do dálkoměru je zabudován pulsní laser, který emituje velmi krátké záblesky infračerveného světla. Paprsek, který je vyslán dálkoměrem je odražen od povrchu objektu a vrací se zpět. Senzorem je zaznamenána doba letu, potažmo vzdálenost objektu (Pavelka, 2006).

1.2 Dělení laserového skenování

Skenovací systémy lze dělit podle různých kritérií a kategorií. Hlavní kritérium dělení je podle umístění skeneru. Pokud je skener pevně umístěn na Zemi, jedná se o statický skenovací systém, pokud je skener umístěn na pohyblivém zařízení (auto, letadlo apod.), jedná se o kinematický skenovací systém. Dále lze skenovací systémy dělit podle principu měření, zorného pole, dosahu, přesnosti a rychlosti skenování (cvut.cz, citace online dne 19.2.2017).

Podle umístění

Podle umístění skeneru při samotném skenování se rozlišuje, zda je skener umístěn pevně na zemi (statické systémy), nebo je umístěn na pohyblivém nosiči (automobil, letadlo, vrtulník, drezína...), pak se jedná o systémy kinematické.

Systémy se tedy podle umístění dělí na:

- Statické – skener je umístěn na stativu. Součástí skeneru je rotující zrcadlo nebo hranol, který rozmítá impulsy. Hlava skeneru se pomalu otáčí a tak skener skenuje celé okolí s výjimkou malých oblastí pod a nad skenerem.
- Kinematické – skener je umístěn na pohyblivém nosiči. Podle nosiče můžeme kinematické systémy dále dělit na:
 - Letecké – skener je umístěn na letadle, vrtulníku, vzducholodi nebo družici,
 - Terestrické – skener je umístěn na autě, lodi nebo např. na drezíně.

Podle gis.zcu.cz (citováno dne 18.2.2017) se dělí laserové skenery na:

- Pozemní (statické) – umístěné na stativu,
- Letecké – nesené letadlem, vrtulníkem, družicí apod.,

- Mobilní – umístěné na automobilu, lodi, drezíně...
- Ruční

Podle dosahu

Skenovací systémy lze dělit podle dosahu měření do těchto skupin:

- Systémy s velmi krátkým dosahem – 0,1 až 2 m,
- Systémy s krátkým dosahem – 2 až 10 m,
- Systémy se středním dosahem – 10 až 100 m,
- Systémy s dlouhým dosahem – 100 m až stovky metrů.

Dělení podle přesnosti

Podle Štronera (2008) lze skenery rozdělit v závislosti na jejich dosahu do čtyř skupin dle přesnosti:

- S velmi vysokou přesností – 0,01 mm až 1 mm,
- S vysokou přesností – 0,5 mm až 2 mm,
- Se střední přesností – 2 mm až 6 mm,
- S nízkou přesností – 10 mm až 100 mm.

Dělení podle rychlosti skenování

Rychlost skenování se udává v počtu naskenovaných bodů za sekundu. Skenovací systému tak lze dělit do následujících skupin:

- Systémy s velmi vysokou rychlostí – více než 50 000 bodů za sekundu,
- Systémy s vysokou rychlostí – 1 000 až 50 000 bodů za sekundu,
- Systémy se střední rychlostí – 10 až 1 000 bodů za sekundu,
- Systémy s nízkou rychlostí – do 10 bodů za sekundu.

2. Teorie aplikace a výhody laserového skenování

Laserové skenování se uplatňuje v celé řadě oborů od základního celorepublikového mapování výškopisu České republiky (leteckými laserovými skenovacími systémy - ČUZK + Zeměměřický úřad), přes aplikace ve stavebnictví a průmyslových podnicích (dokumentace stávajícího stavu, podklady pro rekonstrukce, kontroly apod.), až po využití v architektuře pro dokumentace fasád a 3D modely soch nebo využití v lesnictví a zemědělství pro mapování počtu stromů a jejich rozměrů nebo stavu.

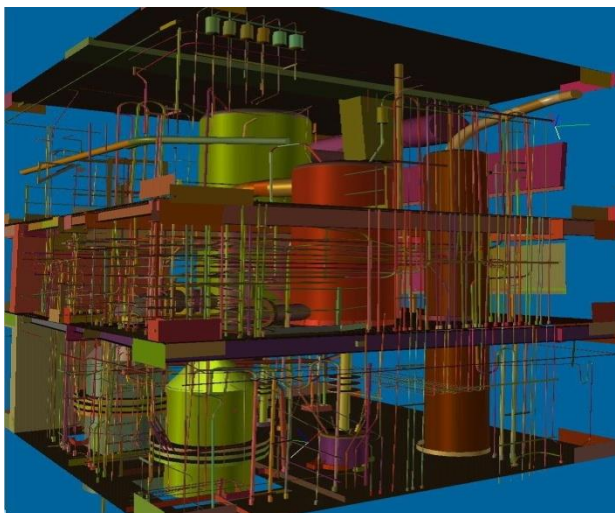
Nespornou výhodou laserového skenování je tedy jeho opravdu široká využitelnost v celé řadě oborů. Díky stále se rozvíjejícím laserovým skenerům se zvyšuje přesnost metody i její použitelnost, skenery jsou stále menší a lépe a jednodušeji ovladatelné, existují dnes již ruční skenery, které může ovládat prakticky i laik (Kašpar, 2003).

2.1 Aplikace laserového skenování

Tato kapitola uvádí přehled základních oborů, ve kterých je možné laserové skenování využívat. Laserové skenování má celou řadu využití v nejrůznějších oblastech života. Nevyužívá se pouze pro mapování a tvorbu map, jak by se mohlo zdát, ale je vhodné i pro zhodnocení stavu skenovaného objektu, podklady pro dokumentace a rekonstrukce staveb, ověření, zda daný stroj nebo potrubní systém je funkční, a hlavně funguje v naprostém pořádku. Aplikací je samozřejmě mnohem více, následující kapitoly jsou tedy pouze nástinem možností, ve kterých je možné laserové skenování uplatnit, a to i s ukázkami konkrétních využití v praxi.

Zaměřování složitých technologických celků

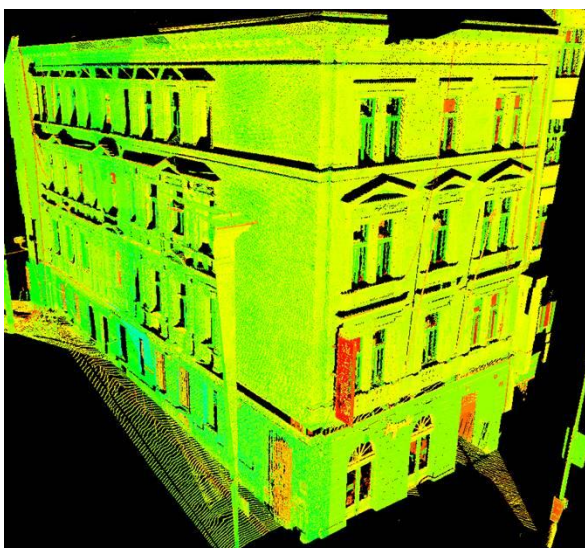
Do této oblasti patří různé průmyslové podniky s velkým množstvím potrubních systémů (chemické a petrochemické provozy, teplárny, ocelárny a elektrárny). Laserové skenování se zde využívá hlavně pro vytváření 3D modelů konstrukcí a potrubních vedení. Dále je možné ho využít při navrhování nových doplňků technologických celků (např. nové potrubní vedení) a při rekonstrukcích (Pavelka, 2006).



Obr. 3: Část chemické továrny - model vytvořený z laserového skenování (Kašpar, 2003)

Zaměřování reálného stavu stavebních konstrukcí

3D zachycení objektu metodou laserového skenování poskytuje velké možnosti pro dokumentaci současného stavu právě tak jako pro plánovanou vizualizaci, kontrolu provedení, respektive dokumentaci nových projektů. To platí pro zakládání stavby, vlastní stavbu, zaměření objektu i pro 3D animaci v rozsahu virtuální reality. Laserové skenování hraje hlavní roli při kontrole kvality v rámci kontrolního stavebního měření a pro zachycení současného stavu. Trojrozměrná informace je důležitá pro účely managementu a plánování (Kašpar, 2003).



Obr. 4: Obytný dům, mračno bodů (Kašpar, 2003)

Dopravní stavby

V rámci dopravních staveb nachází laserové skenování celou řadu uplatnění. Je možné ho využít pro dokumentaci stávajícího stavu dopravních staveb jako na Obr. 5, ale také při stavbě nových nebo při jejich rekonstrukci. Jedná se zejména o stavby jako silnice, dálnice, železniční tratě, mosty apod.

Laserové skenování se nesoustřeďuje pouze na konkrétní zaměření daného dopravního objektu, ale využívá se již při výstavbě – např. pro modelování 3D stavu krajiny, ve které bude dopravní stavba umístěna, pro výpočty kubatur nebo dokumentaci a kontrolu průběhu stavby. Ve finále pak pro 3D vizualizaci výsledné stavby.



Obr. 5: Bodové mračno mostu přes R25 ve Slavoníně (Kašpar, 2003)

Topografické mapování terénních útvarů

Nezákladnější aplikací topografického mapování pomocí laserového skenování je tvorba digitálních modelů terénu nebo povrchu, případně výpočty kubatur. Využívá se dále např. pro dokumentaci jeskyní, vytěžených prostor (lomy, doly, násypy, skládky). Zde je velkou výhodou možnost získání 3D informací i z míst těžko dostupných nebo obtížně

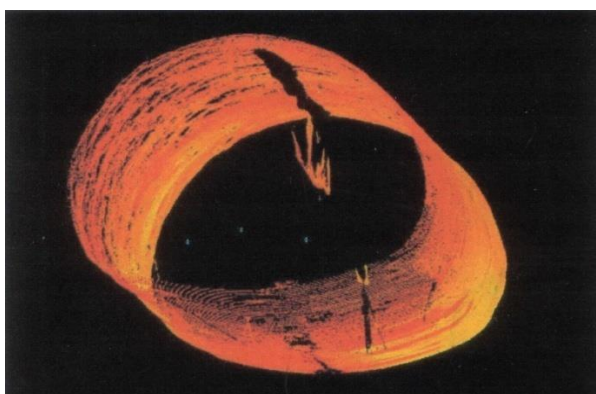
zmapovatelných klasickými geodetickými metodami. Hlavní podíl ale představuje tvorba digitálních modelů terénu, která je v současnosti i standardem pro získávání výškopisných informací státními mapovacími službami (ČÚZK, armáda). Takto získaná data o terénním povrchu se pak využívají v celé řadě aplikací od samotné tvorby výškopisné mapy, přes aplikace modelování zátopových oblastí až po dokumentaci přírodních událostí (např. sesuvy na Obr. 6).



Obr. 6: 3D bodové mračno digitálního modelu povrchu, Rusko (archiv autora)

Měření v podzemních prostorech

Podle Kašpar (2003) je ve stavebnictví nejčastější aplikací v podzemí měření v tunelech – zaměrování profilů během ražby pro vypracování dokumentace a přesných výpočtů kubatur, určení okamžité korekce skutečného stavu a výrubu na Obr. 7 podle požadavků projektu apod. Laserové skenování se dále uplatňuje také pro sledování stavu v kamenolomech a přírodních skalních stěnách nebo při mapování v dolech a jeskyních.

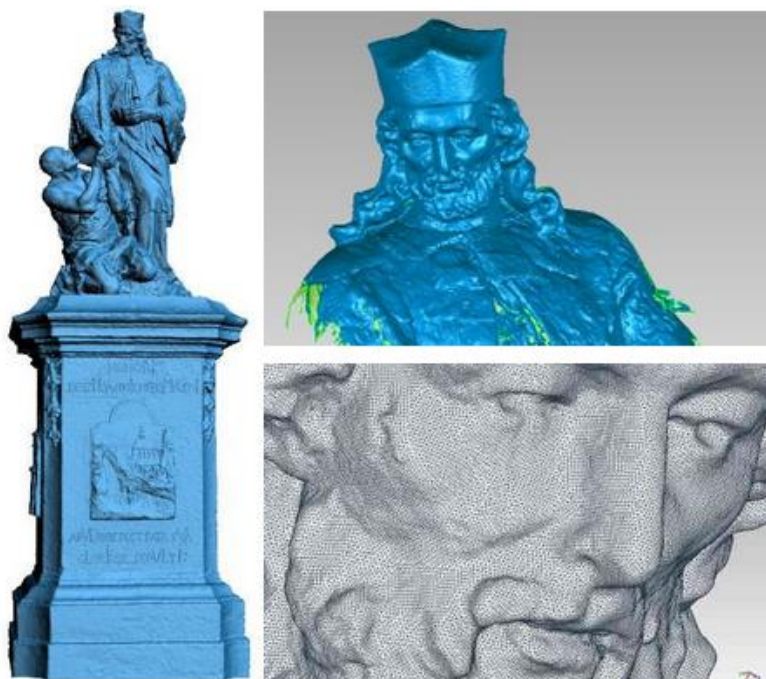


Obr. 7: Zaměření části tunelu Mrázovka (Kašpar, 2003)

Dokumentace památek v oblasti architektury a archeologie

Při zaměřování budov a architektonických památek lze využívat laserové technologie pro získání veškerých podkladů před samotnou rekonstrukcí objektu. Výhodou laserového skenování je možnost zachytit všechny i podrobné tvary na architektonicky cenných budovách nebo archeologických nalezištích. Na rozdíl od současných moderních budov plných rovných linií, které je možné poměrně jednoduše zaměřit a zakreslit, poskytuje laserové skenování obrovskou výhodu u historických zdobněji provedených fasádách a interiérech, protože dokáže zaměřit všechny detaily i poškození. Tím se vyloučí zjednodušování tvaru nebo jejich zkreslování. Výhodou je také možnost uložení 3D výstupů v digitální podobě pro pozdější porovnávání a další práci s objektem (Pavelka, 2006).

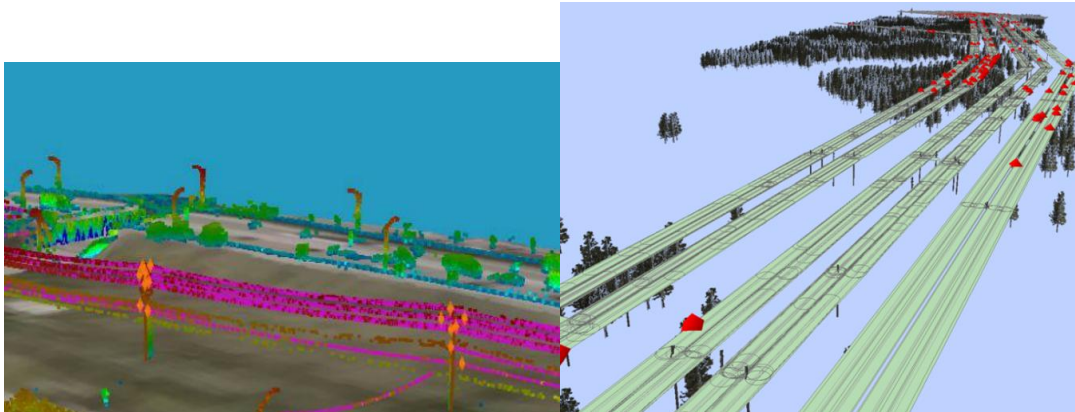
Díky laserovému skenování je navíc možné v poměrně krátkém časovém úseku získat kompletní 3D zaměření celého objektu včetně fasádních reliéfů. Podobným způsobem se zaměřují i např. sochy na Obr. 8, jeskynní reliéfy a další. Díky tomu, že se jedná o metodu bezdotykovou, jedná se o metodu velice šetnou k historickým památkám a při laserovém skenování nehrozí poškození velmi cenné památky. Jedná se tak často o jedinou měřickou metodu, umožňující kompletní 3D zaměření a rekonstrukci historických památek.



Obr. 8: Socha sv. Jana Nepomuckého - bodové mračno a vytvořený 3D model (archiv firmy Gefos, a.s.)

Mapování průběhu vedení

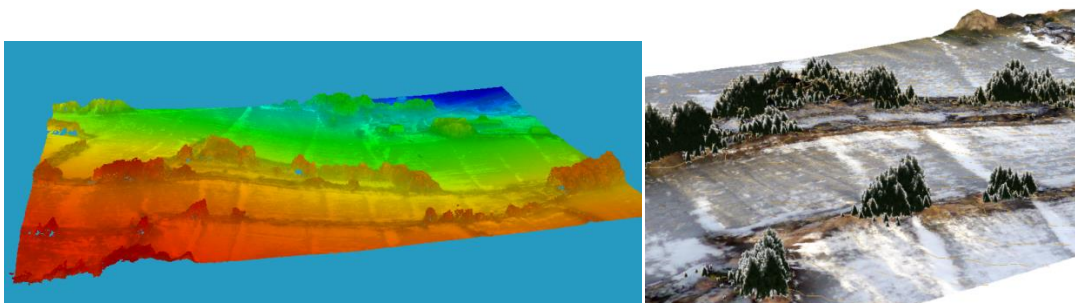
Kromě objektů jako jsou budovy je možné pomocí laserového skenování zaměřovat i průběh liniových staveb jako jsou silnice, železnice ale taky elektrická vedení, která i když jsou velmi malého průměru, mají vysokou odrazivost (Dolanský, 2004). Z naměřených dat pak můžeme jednoduše určit nejen polohu stožárů, ale také jejich výšku, přesnou dráhu vedení, jeho výšku nad terénem nebo ohrožení vegetací.



Obr. 9: Laserové zaměření elektrického vedení a jeho vizualizace se stromy zasahujícími do ochranného pásma vedení (archiv firmy ARCDATA Praha, s.r.o.)

Mapování vegetace

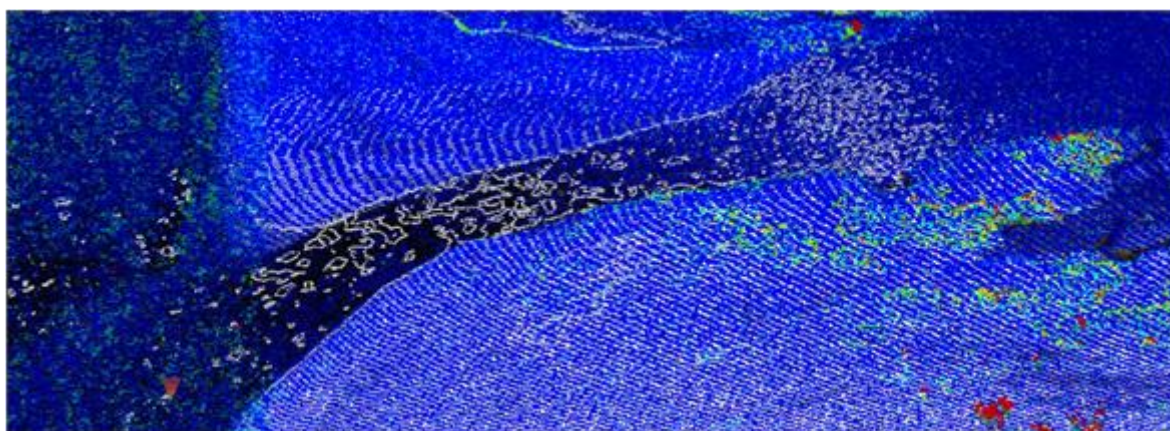
Při mapování lesních porostů se využívá výhod, které laserové skenování poskytuje a to, že laserový paprsek se částečně odráží od vrchních partií korun stromů, ale část svazku paprsků také proniká mezi listy až na terén. Z tohoto multi odrazu je díky tomu možné určovat např. objem lesa, jeho poškození, zastoupení jednotlivých druhů, ale hlavně výšku a počet stromů v lese jako na Obr. 10.



Obr. 10: Bodové mračno a jeho realistická 3D vizualizace (archiv firmy ARCDATA Praha, s.r.o.)

Mapování pobřežních oblastí

Pavelka (2006) vyzdvihuje výhodu laserového skenování oproti klasické fotogrammetrii v tom, že není bezpodmínečně nutné pro mapování zřizovat vlíčovací body. Toho pak lze využít pro mapování území v blízkosti rozsáhlých vodních ploch (mořská pobřeží, zaplavené oblasti). Některé typy laserových skenerů jsou navíc přímo konstruovány tak, že umožňují mapovat průběh terénu i pod vodní hladinou např. až do hloubky 50 m v čisté vodě. Lze tak mapovat např. průběh říčních koryt při umístění laseru na lodi, nebo množství zanesení dna nádrží a přehrad.



Obr. 11: Bodové mračno pobřežních oblastí po zasažení hurikánem Sandy, USA (exelisvis.com, citováno dne 8.1.2017)

2.2 Výhody laserového skenování

Mezi hlavní výhody laserově skenovacích systémů patří především velice přesné zaměření stávajícího stavu skenovaných objektů v mnohem větší podrobnosti než klasické geodetické zaměření a tedy s výrazně vyšší produktivitou práce a z toho plynoucími finančními úsporami. Vzhledem k tomu, jak velkou hustotu bodů a vysokou přesnost laserové skenování poskytuje, nemá v současné době prakticky konkurenci z hlediska přesnosti a rychlosti zaměření objektů. Navíc je celá metoda vysoce automatizovaná a není proto třeba velká znalost celého principu a měřických způsobů. Metoda laserového skenování je navíc vysoce spolehlivá, díky vysoké automatizaci a způsobu fungování principu laserového skenování jsou chybná nebo nepřesná měření značně eliminována a výsledky jsou proto velice přesné a navíc spolehlivé (Pavelka, 2006).

Mezi další výhody patří významné zkrácení průběhu práce v terénu a současně podstatně vyšší bezpečnost průběhu zaměření vzhledem k tomu, že se jedná o metodu bezkontaktní. Měření navíc může probíhat i za plného provozu na stavbách nebo s minimální délkou odstávky náročných průmyslových provozů.

V neposlední řadě je díky laserovému skenování možné zpracovávat i velice komplexní a složité objekty ve velice krátkém časovém úseku a velmi rychle vytvářet a zpracovávat např. modely terénu nebo dalších objektů. Zákazník tak dostává velice rychle přesný a navíc efektivní 3D model tvořený podrobným mračnem bodů laserového skenování, který je možné zobrazit i v měřítku 1:1 a dostává tak rychle reálnou představu o skutečném stavu skenovaného objektu, který může být jinak těžko dostupný pro jiné měřické metody. Výsledky je navíc možné velice rychle vizualizovat a generovat 2D výkresy jako různé půdorysy, řezy apod. V dnešní době 3D tiskáren je také možné celý naskenovaný objekt ve zmenšeném měřítku - nebo i jeho výřez v reálné velikosti vytisknout pomocí 3D tiskárny.

Dle Kašpar (2003) je navíc metoda laserového skenování i výrazně úspornější na náklady - např. v porovnání klasického geodetického měření a fotogrammetrie je možné uspořit až 5x více dní práce v terénu, přesnost je 2x vyšší než u ostatních dvou metod a náklady na měření laserovým skenováním tvoří asi 35% částky potřebné na klasické geodetické měření.

Metoda laserového skenování tak představuje opravdovou revoluci v měřických metodách a je možné ji využívat pro detailní a přesnou dokumentaci veškerých objektů ať už v krajinném plánování pro tvorbu digitálních modelů terénu, ve stavebnictví, architektuře, geodézii nebo v celé řadě průmyslových aplikací.

3. Teoretické postupy při skenování

Celý postup skenování se skládá z několika kroků. Nejprve je potřeba obhlédnutí celého měřeného prostoru nebo skenovaného objektu. Podle velikosti objektu nebo prostoru se pak vybere vhodná metodika, případně konkrétní skener, pokud jich je na výběr více. V závislosti na požadavcích zákazníka se také navrhne požadovaná výstupní hustota měřených bodů a odhadne přesnost měření.

Důležité je zvolit správně stanoviška pro skenování tak, aby byl při skenování zachycen celý objekt nebo prostor, zároveň se také jednotlivé skeny překrývaly a bylo tak možné bez „děr“ naskenovat celý objekt nebo skenovaný prostor. Při volbě stanoviška je samozřejmě třeba přihlídnout k výsledné hustotě bodů a přesnosti a dále parametrům skeneru jako je především jeho dosah.

Pokud je objekt skenován z více stanovišť, nebo pokud je požadavkem, aby byl výsledek umístěný v souřadnicovém systému, je třeba zvolit a signalizovat vlíčovací body. Pomocí nich pak lze propojit skeny z různých stanovišť nebo pokud jsou vlíčovací body zaměřeny pomocí GPS, tak je možné celé výsledné laserové bodové mračno snadno umístit v mapě a přiřadit mu souřadnice (Pavelka, 2006).

Teprve pak může následovat samotné měření pomocí laserového skenování, kdy výsledkem je bodové mračno, každý bod má souřadnici x , y a z buď v místním souřadnicovém systému, nebo ve světovém souřadnicovém systému. Některé skenery umožňují i pořízení obrazových dat, případně samotné laserové skenování může doprovázet i fotografování. Jeho výhodou je, že pak výsledný model lze „potáhnout“ vyfotografovanou texturou a je možné dostat tak nejen podrobný 3D model, ale realistickou trojrozměrnou vizualizaci daného objektu.

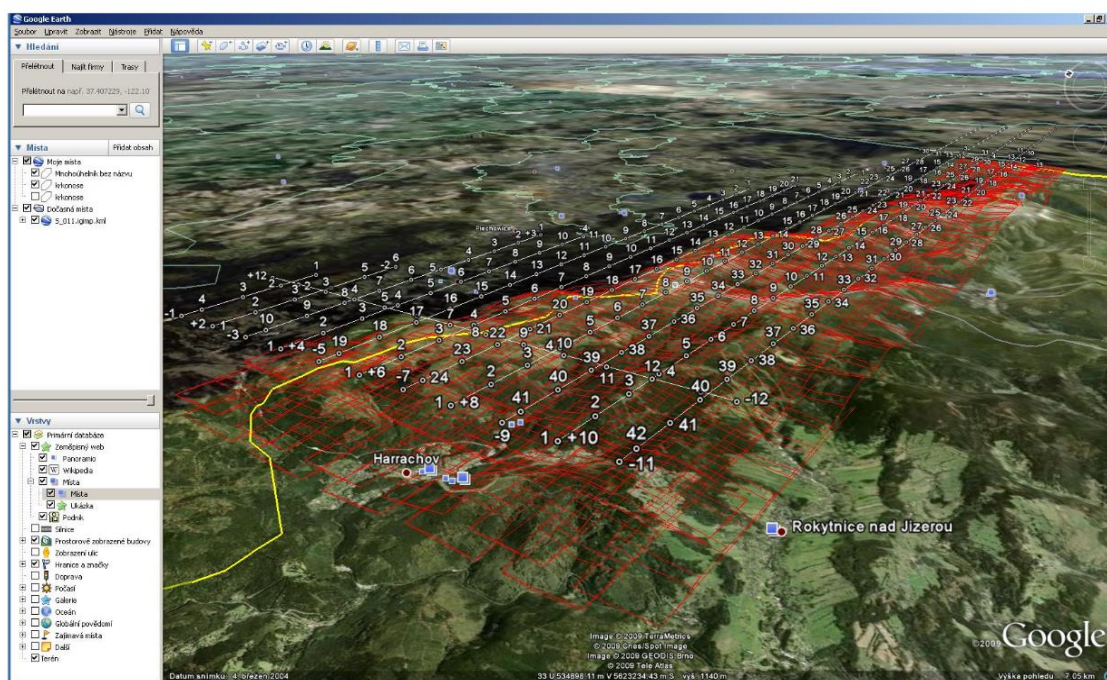
3.1 Rekognoskace a volba stanoviště pro skenování

V první řadě je třeba znát cíl skenování a požadavky zákazníka na výstupní data. Na základě toho lze vybírat nejen konkrétní skener ale také metodiku a postup vlastního skenování. To vše je závislé na tom, která metoda laserového skenování bude využita, zda letecká, pozemní, nebo ruční. V případě skenování rozlehlých území nebo v případě tvorby digitálního modelu terénu, případně 3D modelů měst je určitě vhodnější využití leteckých

laserových skenerů. To si samozřejmě vyžaduje vyšší náklady - především na zajištění letadla, nebo obecně nosiče, který ponese laserový skener. Levnější možnosti pozemních skenerů však není možné pro větší území a tvorbu digitálních modelů logicky použít. V poslední době se tedy pro menší území v řádech několika až desítek kilometrů čtverečních uplatňují také bezpilotní systémy, tzv. UAV (upvision.cz, citováno dne 8.4.2017).

V rámci pozemních skenerů je velký důraz kladen právě na vhodnou polohu stanoviště pro skenování. Je třeba volit stanoviště tak, aby byl celý zájmový objekt nasnímán, pokud možno najednou, bez hýbání pozemním skenerem. To je nejjednodušší forma laserového skenování a odpadá pak celý jeden proces zpracování dat, kterým by bylo spojování laserových skenů z více stanovišť a jejich registrace (více v kapitole 3.4 Zpracování).

Bez ohledu na typ skeneru je pro všechna laserová skenování třeba brát v úvahu dosah konkrétního skeneru, tvar jeho zorného pole a především hustotu skenování, která hraje velkou roli ve výsledné přesnosti a podrobnosti 3D modelu.



Obr. 12: Plánování leteckého laserového skenování (gis.zcu.cz, citováno dne 18.2.2017)

3.2 Signalizace a zaměření vlíčovacích bodů

V rámci laserového skenování je možné tento krok vynechat pouze v případě, že je objekt skenován pouze z jednoho stanoviště, a navíc není vyžadováno ve výsledku umístění výsledného skenovaného bodového mračna v mapě - tedy v souřadnicovém systému.

Vzhledem k tomu, že souřadnicový systém skeneru je obecně orientován a umístěn pouze v tzv. místním souřadnicovém systému (tj. bez vazby na světové souřadnice - např. český systém S-JTSK nebo světový WGS 84), lze využít obdobného postupu známého z fotogrammetrie – tedy, že jsou na skenovaný objekt umístěny vlíčovací body o známých souřadnicích v požadovaném výstupním souřadnicovém systému. Tyto souřadnice jsou získány jinou metodou např. měřením totální stanicí nebo zaměření pomocí GPS. Na základě znalosti souřadnic vlíčovacích bodů v místním i výstupním souřadnicovém systému je pak možné pomocí prostorové transformace celé výsledné naskenované bodové mračno transformovat do výstupního souřadnicového systému. Jako vlíčovací body jsou obvykle využívány kulové nebo polokulové cílové znaky na Obr. 13, které umožňují přesný výpočet středu z neskenovaných bodů, dále pak kruhové terče s vysokou odrazivostí ve směru opačném na směr dopadu, které lze v bodovém mračnu snadno identifikovat (la-ma.cz, citováno dne 8.4.2017)



Obr. 13: Kulový vlíčovací bod (Štroner, 2008)

Dalším důvodem, proč využívat vlíčovací body je možnost spojování mračen z více stanovišť. Aby bylo možné výsledné naskenované bodové mračno propojit a udělat tak kompletní obraz rozsáhlého nebo členitého skenovaného území či objektu, je třeba často provést skenování z více míst a k tomu je třeba na objektu vyznačit vlíčovací body. Ty by měly být vždy viditelné na obou sousedních skenech tak, aby bylo možné oba skeny propojit. Vedle vlíčovacích bodů umělých popsaných výše lze využít i přirozeně signalizovaných bodů např. na fasádách budov jako jsou ostré rohy, hrany oken nebo další výrazné části fasády (Štroner, 2008).



Obr. 14: Nalepovací vlíčovací body na soše (gefos.cz, citace online 14.1.2017)

3.3 Měření

Celý proces samotného měření je otázkou několika vteřin. Po nastavení parametrů skeneru (hustota bodového mračna, rychlost skenování) dochází k vyslání laserových paprsků ze skeneru a měření jejich odrazu. Paralelně lze provádět i pořizování obrazových záznamů např. externí kamerou. Naměřená data se ve formě tzv. mračna bodů ukládají v paměti skeneru. Mračno bodů se skládá z bodů o souřadnicích x , y , a z . Případně mohou mít i další atributy jako je hodnota RGB, intenzita apod. (více v kapitole 3.5 Výstupy).

3.4 Zpracování

Zpracování dat laserového skenování se sestává z několika kroků (Štroner, 2008):

- Vstupní úpravy mračen bodů - bodové mračno je třeba vyčistit tak, že se odstraní další odrazy v prostoru mezi objektem a skenerem - lidé, prach, déšť, chyby v měření apod. Dále je možné smazat body, které již nejsou potřeba pro zpracování a zbytečně by prodlužovaly délku zpracování nebo dalších analýz.
- Spojování jednotlivých skenů (registrace) - pokud jsou pořízeny skeny z více stanovišť, je třeba je propojit do jednoho bodového mračna, které kompletně pokrývá zájmovou skenovanou oblast. Pro spojování skenů na základě jejich překrytu se využívá ICP (Iterative Closest Point) algoritmus. Dále lze spojovat skeny pomocí vřícovacích bodů - je třeba, aby na každých dvou spojovaných bodech byly stejné vřícovací body, které vlastně určí jejich umístění a překryt. Takové spojování pomocí vřícovacích bodů se pak děje pomocí transformace Metodou nejmenších čtverců.
- Čištění a úpravy mračen bodů - po spojení všech bodů do jednoho celku se v rámci tohoto kroku zpracování provádí odstraňování nadbytečných bodů a přiřazování skutečných barev z fotografií.
- Zpracování měření - je zásadním krokem laserového skenování, kdy z bodového mračna vzniká trojrozměrný model s „hladkým“ povrchem. Dochází k aproximaci bodového mračna jednoduchými objekty a tvary jako je rovina, koule, válec apod. a tím vzniká skutečný 3D model. Při zpracování modelů zemského povrchu se pak využívá modelování s využitím mnoha plošek - např. trojúhelníkové sítě. Toto zpracování často probíhá po částech, nebo v řezech bodového mračna. Celé spojené bodové mračno může obsahovat desítky miliónů i více bodů, což výrazně zpomaluje práci na počítači a snižuje přehlednost. Proto jsou často v tomto kroku bodová mračna rozřezána na menší logické celky nebo v případě digitálních modelů zemského povrchu do dlaždic.
- Vizualizace - je již posledním krokem samotného zpracování dat laserového skenování. Její součástí je nejčastěji 3D vizualizace objektů, které lze virtuálně procházet, libovolně zmenšovat a zvětšovat nebo otáčet. Často se také vytvářejí animace nebo průlety nad danou scénou. Pokud byly současně s bodovým mračnem nasnímány i obrazová data, je možné těmito fotografiemi celý model potáhnout a vytvořit fotorealistické scény. Vizualizace již nejsou přímo záležitostí laserového skenování a provádí se často ve specializovaných profesionálních grafických programech jako je např. 3ds Max (autodesk.com, citováno dne 9.4.2017).



Obr. 15: Vizualizace budovy v software 3ds Max (autodesk.com, citováno dne 9.4.2017)

Vedle tohoto zpracování se často bodová mračna klasifikují podle materiálů naskenovaných objektů. Klasifikace se využívá především u skenování zemského povrchu. Základní klasifikace rozděluje body laserového mračna na body, které leží na terénu a ostatní body. Toto rozdělení je často pro další zpracování až příliš jednoduché (Dolanský, 2004) a body se tedy zpravidla rozdělují do tří základních tříd - terén, budova, vegetace. Při podrobnější klasifikaci se pak body rozdělují navíc ještě na hrubé chyby, body pod terénem, nízkou a vysokou vegetaci, komunikace, výšková vedení a body terénní kostry.

Podle Dolanský (2004) je možné body klasifikovat jednak podle výškových poměrů v okolí bodu, ale i podle odrazivosti z laserového skenování nebo podle spektrálních vlastností získaných pomocí digitální kamery. Pro klasifikaci existuje celá řada postupů algoritmů i nejrůznějších software, které klasifikace provádějí více či méně automaticky. Popisovat fungování klasifikace ovšem není cílem této diplomové práce.

3.5 Výstupy a vizualizace

Prvotním a základním výstupem laserového skenování je bodové mračno. Jedná se o shluk bodů o souřadnicích x , y , z . Podle zpracování je možné přiřadit každému bodu navíc hodnotu RGB nebo hodnotu intenzity odrazu, případně číslo odrazu. Takové mračno představuje základní 3D pohled na naskenovaný objekt na Obr. 15. Standardním formátem pro bodové

mračno laserového skenování je formát *.las. Bodové mračno je však možné ukládat i do jednoduchého textového souboru – pak si ho můžeme představit jako seznam bodů s 3 sloupci – souřadnicí x, y a z – tedy určením polohy a výšky.

Pro účely vizualizace se ale často bodové mračno převádí do skutečných „pevných“ modelů nebo trojrozměrných trojúhelníkových sítí v případě digitálních modelů terénu. Pro digitální modely terénu se jako výstup nejčastěji používá digitální model terénu nebo povrchu a to buď ve výše zmiňované trojúhelníkové síti, nebo jako rastr např. ve formátu *.tif, kde jednotlivé hodnoty pixelů odpovídají nadmořským výškám. Tyto rastrové modely mohou být pro velká území náročná na velikost dat a proto se často jako výstupní formát digitálního modelu volí jednodušší vektorové vyjádření v podobě vrstevnicového modelu např. ve formátech *.shp nebo *.dxf.

V případě 3D modelů různých objektů, budov, potrubních systémů apod. se pro vizualizaci volí různé 3D grafické formáty jako např. *.vrml, nebo *.3ds. U těchto typů výstupů se také častěji než u jiných vytváří nejrůznější řezy, profily a půdorysy, které umožní nový a podrobný pohled na 3D skenovaný objekt jako na Obr. 16.



Obr. 16: Skenovaná socha, bodové mračno, 3D model a odlitek z formy vytvořené z 3D modelu (Lichti, 2008)

4. Přehled laserových skenovacích systémů

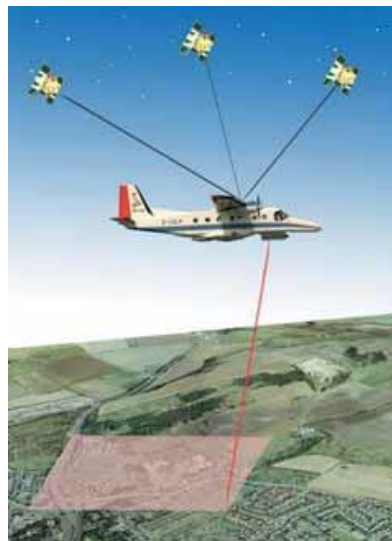
V současné době je na trhu celá řada laserových skenovacích systémů a neustále se zdokonalují nové, včetně zmenšování samotných systémů s možností využití kdekoliv. V tuto chvíli jsou na světovém trhu desítky firem, které laserové skenery vyrábějí a tisíce firem, které nabízejí služby v oblasti laserového skenování.

V České republice působí celá řada distributorů největších výrobců laserových skenovacích systémů i několik zpracovatelů a pořizovatelů dat laserového skenování.

Tato kapitola uvede přehled druhů laserových skenerů a přehled několika nejčastěji využívaných skenerů včetně jejich parametrů. Vzhledem k Vlastní práci diplomové práce bude tato kapitola zaměřena především na terestrické skenovací systémy.

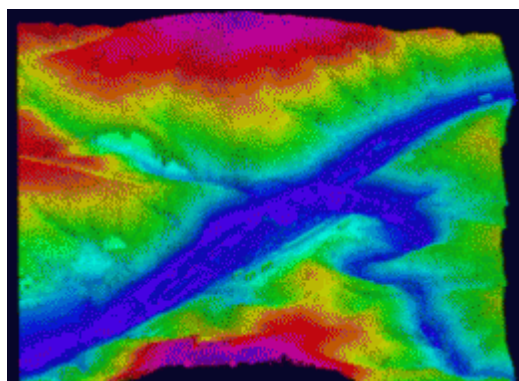
4.1 Letecké skenery

Letecké laserové skenování je původně vojenskou technologií, do civilní praxe byla uvolněna koncem 80. let dvacátého století. Metoda umožňuje získávání velkého objemu dat v krátkém časovém intervalu, navíc s vysokým stupněm automatizace. Systém leteckého laserového skeneru se skládá ze samotného laserového skeneru, měřicí jednotky GPS, inerciální jednotky (IMU) a řídicí jednotky spojené se zařízením pro ukládání dat (la-ma.cz, citováno dne 8.4.2017).



Obr. 17: Princip leteckého laserového skenování (3D Laser Scanning for Heritage, 2011)

Princem leteckého laserového skeneru je vyslání laserového paprsku z leteckého skeneru, který měří vzdálenost, jakou urazí směrem k povrchu Země (geodis.cz, citováno dne 15.1.2017). Je ale také důležité, aby byl laserový skener propojený s GPS a IMU pro měření pozice, orientace a výšky letadla v průběhu pořizování dat (3D Laser Scanning for Heritage, 2011). Nosičem celého laserového zařízení bývá letadlo nebo vrtulník.



Obr. 18: Digitální model povrchu řeky Svitavy vytvořený leteckým laserovým skenerem (archiv firmy Geodis, s.r.o.)

4.2 Mobilní skenery

Mobilní mapování je velmi rychlá a ekonomická metoda získávání dat pro GIS. Laserový skener je zde umístěn na pohybuujícím se nosiči, kterým bývá nejčastěji automobil, ale může se jednat i o loď pro mapování pobřežních vod a toků, nebo drezína pro mapování železničních objektů a tratí.



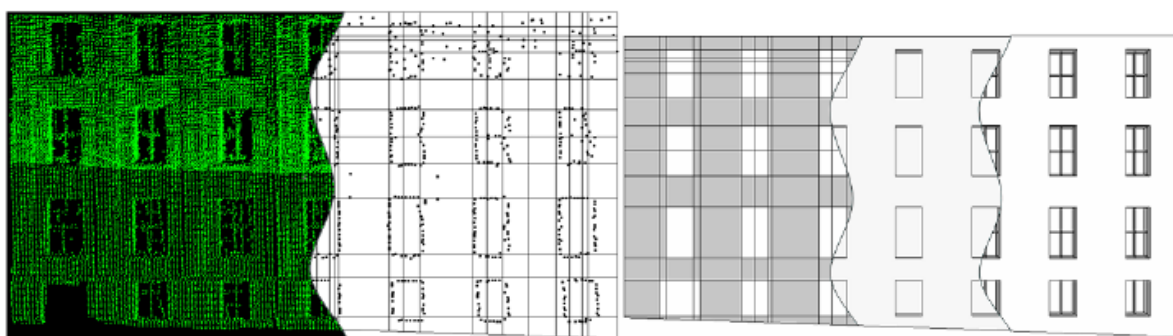
Obr. 19: Laserový skener umístěný na automobilu (geodis.cz, citováno dne 15.1.2017)

Součástí mobilní jednotky musí být současně GPS, IMU, digitální fotoaparát a laserový skener, vše současně synchronizováno tak, aby jednotlivé body laserového skenování, měli přiřazenu správnou souřadnici pomocí GPS a IMU a zároveň bylo možné je později propojit s odpovídající fotografií (např. fasád domů) pořízenou ve stejný okamžik.

Největším pořizovatelem mobilního laserového skenování v České republice je společnost Geodis, která ho využívá např. pro:

- Mapování prostoru ulic (dopravní značky, chodníky, sloupy, hydranty apod.),
- Územní plánování,
- Správu inženýrských sítí a infrastruktury,
- Dokumentaci fasád budov,
- 3D modely měst a jejich vizualizace.

Pikhartová (lfgm.fsv.cvut.cz, citováno dne 17.4.2017) ve svém článku zabývající se využitím mobilního laserového skenování pro dokumentaci dálnice D11 uvádí, že mobilní laserové skenování je na trhu poměrně novinkou, již delší dobu se však používá pro mapování fasád, kde je díky mobilnímu prostředku - automobilu na Obr. 19 - skenování poměrně svižná záležitost.



Obr. 20: Průběh zpracování laserového skenování - postupně - Mračno bodů z mobilního laserového skenování, detekce hran, vzniklé linie, nalezené buňky, model fasády a zdokonalený model fasády (Pikhartová, lfgm.fsv.cvut.cz, citováno dne 17.4.2017)

Mobilní mapování se také v současné době používá pro dokumentaci památek kulturního dědictví UNESCO (3D Laser Scanning for Heritage, 2011). Většina památek má totiž tak jemné nebo složité fasády, že je možné přesný 3D obraz a dokumentaci provést prakticky pouze pomocí podrobného laserového skenování. Zde se navíc využívá kombinace se

skenery ručními a pozemními, které umožňují skenovat i místa, která nejsou vozidly dostupná.

Velkou výhodou je pak možnost propojit letecké laserové skenování, poskytující informace ze shora, s mobilním laserovým mapováním, které poskytuje kolmý pohled na fasády budov s fotografiemi, které celému výsledku dodávají skutečně realistický pohled a výsledkem je pak skutečný a hlavně kompletní 3D model (Pavelka, lfgm.fsv.cvut.cz, citováno dne 17.4.2017).

4.3 Ruční skenery

Ruční skenery jsou specifickou kategorií skenerů laserového skenování. Fungují na stejném principu jako ostatní laserové skenery, využívá se ale na velmi detailní snímání, zejména na umělecké a historické předměty nebo přesné strojírenské modely (gefos.cz, citováno dne 14.1.2017).



Obr. 21: Skenování ručním skenerem (archiv autora, 2017)

Ruční skener na Obr. 21 často obsahuje dva i více skenerů v rámci jednoho zařízení. Skener identifikuje značky na tělese a snímá laserový kříž na tělese. V reálném čase se pak na počítači zobrazuje stav snímání a je tak možné kontrolovat, zda je objekt naskenován kompletně (solidvision.cz, citováno dne 19.2.2017).



Obr. 22: Ruční skener Handyscan 3D (solidvision.cz, citováno dne 19.2.2017)

Ruční skenery jsou poměrně malá zařízení, systémy se dvěma kamerami mívají hmotnost okolo 1 kg, systémy se 3 kamerami pak mají hmotnost jen o něco vyšší - např. 1,3 kg pro HandyScan 3D na Obr. 22. Skener je uložen v ochranném kufríku a je ho možné přenést prakticky kamkoliv a skenovat v libovolném pracovním prostředí, ať už se jedná o interiéry nebo exteriéry. Ruční skenery mají navíc velmi vysokou přesnost 0,04 až 0,05 mm (3d-skenovani.cz, citováno dne 18.2.2017).

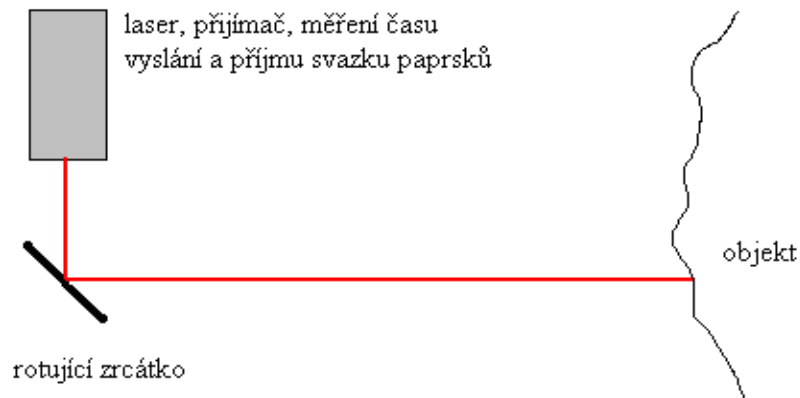
4.4 Pozemní (terestriální) skenery

Pozemní laserové skenery fungují na stejném principu jako skenery letecké, nebo mobilní, jsou ale umístěny na stativu a jsou tudíž nepohyblivé. Jediným pohybem při skenování je změna stanoviště, případně otáčení samotné skenovací hlavy ve směru vertikálním nebo horizontálním. Většina pozemních skenerů umožňuje kompletní otočení kolem své osy – tedy o 360°. Ve směru vertikálním se pohybují od 60° až po např. 317° v případě skenerů od společnosti Trimble. Tento rozsah je možné nastavit na začátku skenování a omezit tak výsledné bodové mračno pouze na určitou výceč.

Terestriální skenery se dělí podle principu měření na (Štroner, 2008):

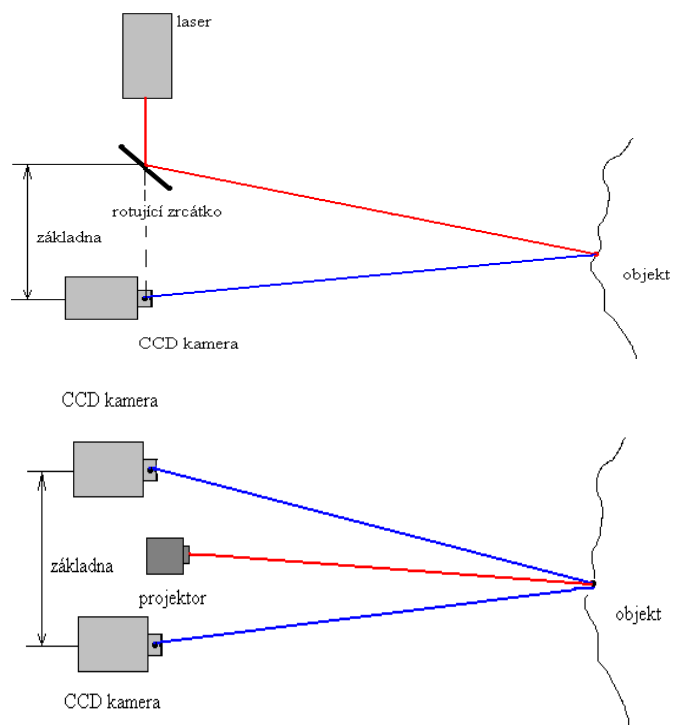
- Polární skenery - ty se dále dělí podle toho, zda fungují na principu tranzitního čas nebo fázového rozdílu,
- Skenery se základnou - ty se pak dále dělí podle počtu kamer, ze kterých se skládají.

V případě polárních skenerů se v podstatě jedná o totální stanici s bezhranovým dálkoměrem.



Obr. 23: Princip polárního skeneru (Štroner, 2008)

U Skenerů se základnou se rozlišují podle počtu kamer, které jsou na základně umístěné. Souřadnice jsou pak určovány na základě protínání úhlů ze základny na Obr. 24.



Obr. 24: Princip skeneru se základnou - jednokamerový a dvoukamerový (Štroner, 2008)

Mezi nejvýznamnější výrobce terestriálních skenerů patří Leica, Riegl, Trimble a Faro. Základní parametry jsou uvedeny v Tab. 1.

| Firma | Leica | Leica | Riegl | Trimble | Faro |
|----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|----------|
| Typ přístroje | ScanStation C10 | ScanStation P20 | VZ-4000 | TX8 | Focus3D |
| Dosah [m] | 300 | 120 | 4 000 | 340 | 150 |
| Rozsah v horiz. směru | 360° | 360° | 360° | 360° | 360° |
| Rozsah ve vertik. směru | 270° | 270° | 60° | 317° | 305° |
| Rychlost skenování [bod/s] | 50 tis. | 1 mil. | 222 tis. | 1 mil. | 976 tis. |
| Přesnost | 4 mm | 3 mm | 15 mm | < 2 mm | 2 mm |
| Paměť | 80GB | Externí HDD | Externí HDD | Externí HDD | 32 GB |
| Hmotnost | 13 kg | 11,9 kg | 14,5 kg | 11 kg | 5 kg |

Tab. 1: Přehled vybraných pozemních laserových skenerů (archiv firem Leica, Trimble, Riegl a Faro)

Předním výrobcem nejen laserových skenovacích systémů je švýcarská společnost Leica Geosystems. Tato společnost je založena ze známých výrobců geodetických kamer a optik Zeiss a Jena. Společnost Leica také vyvíjí vlastní software pro zpracování dat dálkového průzkumu Země – Erdas. Nejoblíbenějším představitelem laserových skenerů společnosti Leica je ScanStation C10 na Obr. 25. Jedná se o pulzní laserový skener na nové kompaktní platformě, který je oblíbený hlavně svojí všestranností.



Obr. 25: Leica ScanStation C10 a P20 (leica-geosystems.co.uk, citováno dne 3.6.2017)

Revoluci v oboru laserového skenování pak představuje nový ScanStation P20. Jedná se o ultra rychlý skener s vysokou rychlostí skenování (až 1 milion bodů za vteřinu), navíc s velmi vysokou přesností a minimální mírou šumu. Výhodou je také dříve nevídaná odolnost vůči okolnímu pracovnímu prostředí (může pracovat i při -20° C). Jedná se také o první skener, jehož kalibraci si může uživatel provést sám a není nutné tedy skener posílat do servisního střediska jako je to třeba u ostatních skenerů. Skener má také integrovanou WiFi, takže umožňuje ovládání na dálku pomocí kontroleru, ale i tabletu, notebooku nebo iPhone. Výdrž baterie je dlouhých 7 hodin, takže není třeba pro běžnou pracovní dobu připojovat těžké externí zdroje (gefos.cz, citováno dne 14.1.2017). Českým distributorem skenerů společnosti Leica je firma Gefos a.s.

Zástupcem rakouské společnosti Riegl je laserový skener Riegl VZ-4000 na Obr. 26. Tento skener vyniká hlavně svým velmi dlouhým dosahem, ve kterém nemá prakticky konkurenci. Zároveň má v sobě zabudovanou digitální kameru, která může synchronně pořizovat obrazová data. Samozřejmostí je integrovaná GPS (riegl.com, citováno dne 9.4.2017).



Obr. 26: Riegl VZ-4000 (riegl.com, citováno dne 9.4.2017)

Americká společnost Trimble představila svůj nový scanner TX8 na Obr. 27 už v roce 2013. Jedná se o laserový skener využívající technologii Lightning, která umožňuje skenovat i v náročných prostředích továren a průmyslových podniků. Kompletní skenování v rozsahu

360 stupňů je hotové již za méně než 3 minuty (Geotronics). Českým distributorem skenerů Trimble je společnost Geotronics Praha, s.r.o.



Obr. 27: Trimble TX8 (laserscanning-europe.com, citováno dne 4.6.2017)

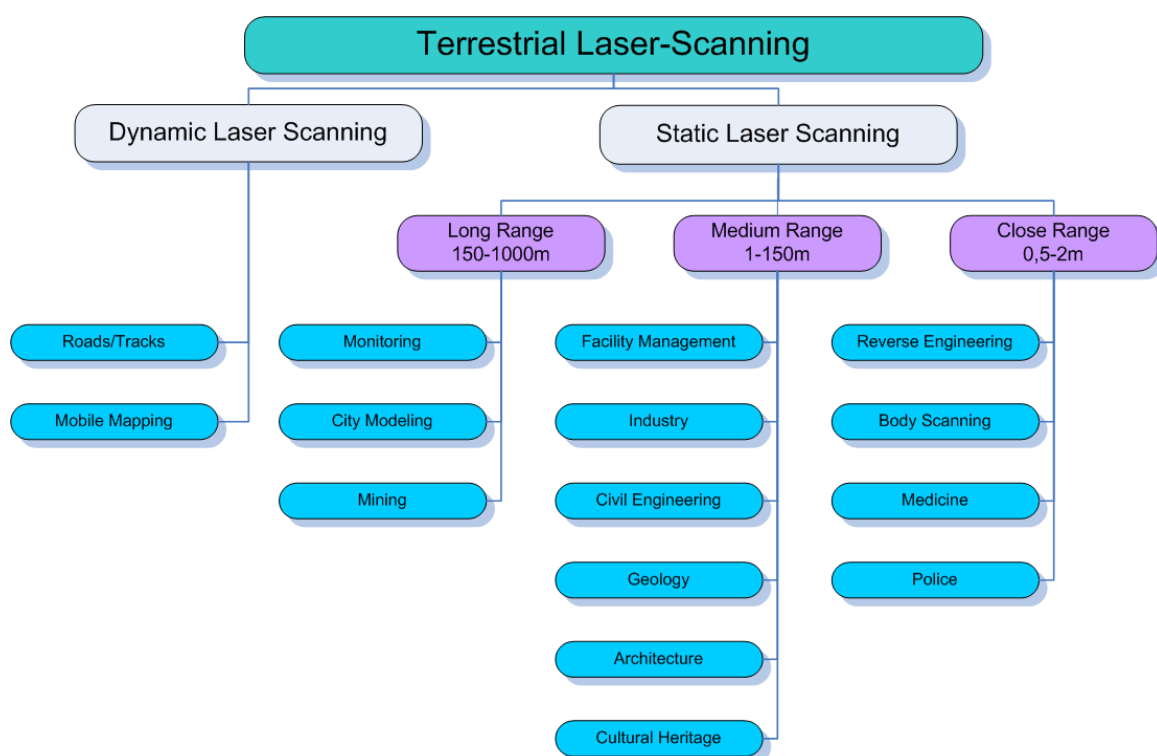
Další americkou společností vyrábějící laserové skenery je společnost FARO. Jejím revolučním zástupcem je skener Focus3D na Obr. 28. Jeho hlavní výhodou je malá velikost a s ní spojená kompaktnost, jeho rozměr je pouhých 24 x 20 x 10 cm a hmotnost 5 kg. I tak má velký dosah až 120 m a je velmi rychlý a přesný. Jeho součástí je barevný fotoaparát, který vytváří fotorealistické 3D barevné skeny (geodis.cz, citováno dne 15.1.2017). Jeho distributorem v České republice je společnost TopGeoSys s.r.o.



Obr. 28: Faro Focus3D (<http://www.laserscanning-europe.com>, archiv firmy Geodis, s.r.o.)

Mezi nejdůležitější parametry terestrických laserových systémů patří dosah skenování. Podle toho lze volit typ přístroje ale hlavně umístění stanoviště. Dalším nejdůležitějším parametrem je hustota skenování – tedy kolik bodů na metr čtvereční bude naskenováno, v přístrojích většinou jen omezeno na low, medium, high. Hustota skenování vychází z toho, kolik je skener vůbec schopný naskenovat bodů za sekundu. Většina pozemních skenerů, které jsou v přehledu, umožňuje skenování až v řádech stovek tisíců bodů za sekundu. Podle toho, jaká je hustota skenování a dosah skenování, přístroj sám vypočte a zobrazí, jak dlouho bude skenování trvat. Obvykle je to v řádech několika minut.

Všechny moderní terestrické laserové skenovací systémy již mají v současné době objemné pevné disky, případně možnost připojení externích disků přes USB nebo vložení paměťové karty. Moderní systémy také obsahují display, většinou barevný, ve kterém se nastavují všechny vstupní parametry a který také ukazuje, jaká bude hustota skenování a jak dlouho bude trvat. Nejmodernější systémy jako např. P10 od společnosti Leica dokonce na display zobrazuje naskenované bodové mračno a je tak velice jednoduché zkontrolovat, zda je naskenován objekt celý, případně celá zájmová oblast objektu.



Obr. 29: Schéma rozdělení a aplikací pro pozemní laserové skenování (3D RiskMapping, 2008)

Pozemní laserové systémy se využívají především ke skenování budov a jejich fasád, veškerých průmyslových objektů a potrubních systémů, architektonických památek i lesních systémů. Nehodí se pro skenování digitálních modelů terénu, ale jinak je lze použít téměř ke všem aplikacím zmíněným v kapitole 2.1 Aplikace laserového skenování, záleží pouze na rozsahu, kterým laserový skener disponuje.

5. Teorie studie proveditelnosti

Studie proveditelnosti (z anglického feasibility study) je ověření reálnosti určitého podnikatelského záměru. Záměr může mít různou podobu jako například pořízení investičního majetku, vstup na nový trh, uvedení nového produktu na trh atd. (management-consulting.cz, citace online dne 21.6.2017).

Hlavním účelem studie proveditelnosti je co nejlépe připravit se při nějakém zvoleném podnikatelském záměru značného finančního rozsahu, na celý proces vstupu na trh tak, aby následky byly v konečném důsledku co nejpozitivnější v co nejkratším termínu od zahájení činnosti.

Studie proveditelnosti dále slouží pro prezentaci nového projektu při získávání zdrojů financování. Investoři a finanční instituce detailně analyzují, za jakých podmínek a komu půjčují kapitál, proto je potřebné mít plán podrobně vypracovaný a přesvědčit tak instituci o výnosnosti vložených prostředků a malém riziku. (Synek, 2003)

Mezi hlavní části studie proveditelnosti patří především:

- Úvodní informace
- Popis projektu
- Etapy projektu
- Analýza trhu, odhad poptávky
- Technické a technologické řešení projektu
- Analýza řízení rizik
- Finanční plán a analýza projektu
- Harmonogram projektu
- Závěrečné shrnutí hodnocení projektu

(moderniobec.cz, citace online dne 21.6.2017).

Na základě provedené studie proveditelnosti se lze před započítáním vlastního projektu a vstupu na trh dostatečně připravit i z hlediska očekávání a potenciálu vybraného záměru. Studie proveditelnosti je základním vstupem pro případné investory podnikatelského záměru, podle které lze dopředu zjistit záměry a cíle, při zvážení současného stavu trhu

v daném odvětví a zda případná související rizika se vstupem na trh stojí za investice a záměr má potenciál do budoucna vrátit nejen vložené investice, ale i být samostatně schopným dlouhodobě výdělečným projektem i při značném konkurenčním trhu i s ohledem na vývoj do budoucna.

V jednotlivých oddílech studie proveditelnosti se každý seznámí s popisem projektu a s jednotlivými etapami a harmonogramem postupu při vstupu subjektu na trh. Součástí je analýza konkurenčního trhu, odhad poptávky na trhu a také analýza rizik plynoucích z vstupu na nový trh. Nezbytnou a nejsledovanější částí je finanční plán a analýza projektu z hlediska finančního očekávání a nutných investic. Pro investiční plán může být vytvořeno více variant pro případný záměr a expanzi i mimo domácí trh na zahraniční trh v budoucnu nebo pro co nejvyšší zvýhodnění na trhu před konkurencí, což má za následek větší investice do projektu, ale na druhou stranu při předpokládané velké velikosti finančních investic také delší období splatnosti počátečních investic a větší rizika z hlediska dlouhodobého plánu a prosazení se na trhu především z hlediska zvolené obchodní strategie. Je tedy potřebné v případě více variant investičního záměru dobře promyslet a zvolit tu variantu, na kterou jsou prostředky a podpora k její realizaci, a to na základě celé studie proveditelnosti.

5.1 Analýza trhu

Mezi první kroky při vytváření studie proveditelnosti patří, kromě úvodních informací k podnikatelskému záměru a popisu projektu, analýza trhu a konkurence. Společnost, která se vyvíjí nemůže fungovat izolovaně z prostředí, kterým je obklopena na ní působí různé vlivy, a proto je potřebné společnost zařadit do kontextu, především v jakém prostředí z hlediska konkurence se bude nacházet a působit. Znamená to zodpovězení celé řady otázek jako například, tržby v daném odvětví, kolik firem na trhu působí, jak se vyvíjejí tržby firem na trhu, očekávaný růst, profil zákazníků, silné a slabé stránky konkurence, čím se odlišuje od konkurence. (Hisrich, 1996)

5.2 Marketingová strategie

Mezi důležité body patřící do studie proveditelnosti je volba marketingová strategie, která slouží k dosažení vytyčených cílů a určuje způsob komunikace na trhu a volbu orientace reagující na přání a potřeby zákazníka, ale i k širšímu prostředí.

„Orientace na zákazníka a cílový trh znamená znalost všech charakteristik, které firmě umožní vyvíjet, vyrábět a nabízet výrobky a služby za vhodné ceny a na očekávaném místě za podmínky, že se o nich potenciální spotřebitel dozví.“ (Přikrylová, 2018)

Takové podmínky vytvářejí marketingový mix, tzv. 4P – Product (produkt), Price (cena), Place (místo prodeje), Promotion (komunikace).

„Marketingový mix je soubor taktických marketingových nástrojů – výrobní, cenové, distribuční a komunikační politiky, které firmě umožňují upravit nabídku podle přání zákazníků na cílovém trhu.“ (Kotler, 2004)

Product (produkt, služba) – zahrnuje více než pouze samotný výrobek nebo službu, zahrnuje kvalitu, design, image, obal, značku, výrobce, záruční služby a další faktory, ovlivňující celkovou hodnotu produktu nebo služby pro zákazníka.

Price (cena) – hodnota výrobku pro zákazníka, zahrnuje také slevy, platební podmínky, možnosti úvěru a další faktory

Place (místo) – popisuje jak a kde se bude produkt nebo služba prodávat, uvádí distribuční kanály, dopravu a zásobování

Promotion (propagace, komunikace) – jakým způsobem bude o produktu nebo službě zákazník informován (Kotler, 2005)

Důležité je zasahovat všechny spotřebitele v rámci kategorie, v níž se produkt nebo služba nachází, a to jednak prostřednictvím distribuční sítě, tak pomocí marketingové komunikace. Všichni tito lidé jsou potenciálními kupujícími značky. (Sharp, 2018)

5.3 Organizační plán

Organizační plán tvoří forma vybraného podnikání, včetně odůvodnění výběru. Je v něm uvedena vlastnická struktura a rozebrána organizační struktura podniku. Jsou v ní uvedeny

počty pracovníků na jednotlivých pozicích, jejich odpovědnosti a pravomoci jednotlivých členů vedení. (Hisrich, 1996)

5.4 Finanční plán

Jedna z nejdůležitějších částí studie proveditelnosti a každého podnikatelského plánu, která patří mezi hlavní rozhodovací kritéria každého investora. Finanční plán se dělí na krátkodobý finanční plán (následujících dvanáct měsíců) a na dlouhodobý finanční plán, na finanční toky v příštích letech. To je důležité pro investory, vzhledem k tomu, že platby nejsou uskutečňovány rovnoměrně a je potřebné mít připravené náhradní formy kapitálového krytí. (Hisrich, 1996)

Finanční plán detailně popisuje nákladovou stránku a na jehož základě lze vypočítat i dobu návratnosti.

Doba návratnosti je oblíbeným ukazatelem, jehož pomocí umíme stanovit, za jak dlouho se vrátí vložené finanční prostředky. Pro výpočet se používá buď statická, nebo dynamická metoda výpočtu.

a/ statická metoda doby návratnosti = investice / roční příjem nebo roční cash-flow

b/ Dynamická metoda doby návratnosti = investice / diskontované cash-flow

(Svobodová, 2017)

Studie proveditelnosti je v tomto případě strukturovaným dokumentem, který by měl jasně a jednoduše objasnit po přečtení všem případným investorům, ale i dalším nezúčastněným osobám, především záměr celého projektu, jeho cíle a komplexní zhodnocení.

VLASTNÍ PRÁCE

6. Studie proveditelnosti

Praktická část diplomové práce je orientovaná na vytvoření studie proveditelnosti založení nové společnosti se zaměřením na laserové skenovací systémy (LSS) a poskytování služeb s nimi spojenými.

Předmětem praktické části není popisování způsobu založení nové společnosti a s ním spojenou problematikou. Práce je zaměřena čistě na studii proveditelnosti a nákladovosti při vstupu společnosti na trh. Výsledkem jsou detailní analýzy pro komplexní rozhodování představitelů, a hlavně investorů do nové společnosti – přehledy vstupních nákladů, návratnosti investic a možného uplatnění společnosti na trhu.

Vzhledem k tomu, že na českém trhu již působí výhradní distributoři laserových skenovacích systému, a současně poskytovatelé služeb s těmito systémy spojenými, je kladen důraz na inovativní využití LSS. Tím se bude nově vznikající společnost snažit odlišovat od stávajících jednostranně zaměřených poskytovatelů dat laserového skenování a jejich zpracovatelů a najít si dobrou pozici na trhu.

Pro vstup společnosti na trh a vybrané portfolio služeb byla zvolena terestriální skenovací metoda. Důvodů pro zvolení pozemní skenovací metody je několik:

- Letecké skenovací systémy:
 - Tyto systémy mají příliš velké finanční nároky nejen vzhledem k ceně samotných leteckých skenerů ale i vzhledem k nutnosti disponovat letadly nebo vrtulníky.
 - Velká konkurence v leteckých skenovacích systémech vzhledem k malému českému trhu – např. ČUZK pořizující data leteckého laserového skenování kompletně celé České republiky.
 - Úzká specializace pouze na tvorbu digitálních modelů terénu v případě leteckých skenerů.
- Mobilní skenovací systémy:
 - Mobilní skenery mají vzhledem k nutnosti pořízení mobilního prostředku a jeho synchronizace podobně jako letecké systémy velmi vysoké pořizovací i provozní náklady.

- Na malém Českém trhu existuje již několik velkých firem pořizujících celorepublikové mobilní laserové skenování komunikací (např. pro Seznam.cz) a proto by zde byla přílišná konkurence.
- Ruční skenovací systémy:
 - Tyto skenery jsou úzce specializované a zaměřené pouze na malé objekty a tedy i malé zakázky, které by neumožnily další rozvoj firmy a její velké zisky.
- Terestriální laserové skenery:
 - Pozemní skenery mají ze všech metod nejširší možnosti praktického využití od malých objektů přes komunikace a fasády budov až pod digitální modely terénu.
 - Díky umístění pozemního skeneru na „obyčejný“ stativ odpadají jakékoliv náklady na prostředek, na kterém je skener připevněný.
 - Vzhledem k návratnosti investic jsou pozemní laserové skenery provozně nejekonomičtější.
 - Skenování s pozemními skenery je možné v interiéru i exteriéru, přístroj je navíc jednoduše přenositelný a lehce se s ním manipuluje.

Z výše uvedeného plyne, že pro nově vznikající společnost byla vybrána terestriální laserová skenovací metoda. I veškeré analýzy budou zaměřeny konkrétně na tyto pozemní laserové skenery. Vzhledem k tomu, že autor pracoval ve dvou největších komerčních společnostech, zabývajících se laserovým skenováním v ČR (leteckým, mobilním, pozemním i ručním), má zkušenosti s výstupy a využitím všech druhů laserových skenerů a tyto své zkušenosti promítl i do výběru konkrétní metody.

Cíle projektu

Záměrem projektu je pro nově založenou společnost vytvořit portfolium prostředků pro využití technologií dálkového průzkumu Země (DZP) se zaměřením na laserové skenovací systémy. Konkrétně zaměření na systémy, umožňující zpracovávat zakázky, které jsou plošným a finančním rozsahem malé, tzn. do velikosti řádově 100 m² a další rozšiřování tohoto portfolia o další prostředky DPZ, Nabízenými službami budou nejen bezkontaktní

sběr dat ale i další služby spojené s aplikacemi, využívající geoinformační služby v geodézii, stavebnictví, monitoringu, pasportizaci a dalších.

Jako počáteční období této studie vstupu nové firmy na trh byl zvolen začátek roku 2017.

Dílčí cíle projektu

- 1) Technologicko-ekonomický cíl – získání technických dovedností při využití hardware (HW) a software (SW) laserových skenovacích systémů, skládá se především z následujících částí:
 - a. Sestavit projektový tým ve složení:
 - Manažer projektu,
 - 2 (podle aktuální potřeby až 3) specialisté skenování,
 - Specialista zpracování dat,
 - Odpovědná osoba za realizaci obchodní strategie.
 - b. Vybrat a koupit vhodný typ laserového skeneru,
 - c. Vybrat a koupit vhodný HW pro sběr a zpracování dat,
 - d. Vybrat a koupit softwarové řešení s důrazem na ekonomiku zpracování dat, především rychlost, přesnost a obrazovou kvalitu,
 - e. Zpracovat pilotní projekty.
- 2) Obchodní cíl – nalezení vhodných oblastí pro nahrazení stávajících technologií a nalezení zcela nových aplikací. Součástí tohoto cíle je:
 - a. Vypracovat marketingovou a obchodní analýzu,
 - b. Zvolit různé druhy laserových skenerů pro relevantní oblasti aplikací,
 - c. Zpracovat strategii dalšího postupu a realizaci projektu.

Soulad se strategickým plánem firmy

Pořízení vhodného laserového skenovacího systému (LSS) naplňuje hlavní strategický cíl společnosti ve výhledu 5-ti let. Strategií je zajištění plošného pokrytí území ČR službami spojenými s laserovým skenování a to službami vlastními nebo vázanými ve smluvním vztahu, vhodnými pro poskytování služeb v oblasti geoinformatiky v komerční a státní sféře.

Popis technologie

Laserový skenovací systém je systém určený k získávání přesného a skutečného 3D obrazu a modelu vybraných objektů nebo lokalit v určité přesnosti nebo rozsahu. Ty jsou následně zpracovány pomocí SW do finálních požadovaných výstupů.

V současné době existuje spousta laserových skenovacích systémů, lišících se podle umístění skeneru, dosahu, přesnosti a dalších atributů, které jsou podrobně rozepsány v teoretické části této práce.

Zařízení ve střední kategorii se nabízí s následujícími technickými parametry:

- Skenovací výdrž
 - dle vytížení a času samotného skenování,
- Hmotnost
 - Cca 5 – 14 kg (pro terestriální skenery),
- Snímané rozlišení / plocha
 - Letecké laserové skenery – plocha pokrytí desítky až stovky km²,
 - Mobilní laserové skenery – desítky liniových km,
 - Pozemní terestriální skenery – v rádech km²,
 - Ruční skenery – malé objekty jako automobily, sochy, součástky.
- Cena
 - Od 800 000 do 3 000 000 bez DPH pro pozemní skenery podle dosahu skenování, rychlosti skenování, přesnosti, výrobce, hmotnosti, kompatibility atd.

6.1 Analýza trhu a možnosti použití LSS

V této kapitole je provedena analýza možnosti využití laserových skenovacích systémů na českém trhu a jejich komerčních příležitostí podle oboru využití. Dále jsou zde uvedeny subjekty působící v LSS včetně zahraničních distributorů. Důraz je kladen na výstupy a aplikace s LSS. Následuje analýza rizik a SWOT analýza.

6.1.1 Komerční příležitosti rozdělené podle oboru využití laserových skenerů

Analýza možností uplatnění laserových skenovacích technologií pro identifikované potenciální obory jsou detailně rozepsány podle oborů:

- Podpora geodetů a projektantů
 - Použití v součinnosti s mobilním mapováním
 - Letecké skenování
 - Pozemkové úpravy – místní šetření
 - Kamenolomy, rašeliniště, pískovny, výsypky, haldy
 - Pasportizace okolí komunikací
 - Pasportizace parků v sídlech
 - Plány závodu
 - Vlečky – zaměření a dokumentace
 - Pozemkové úpravy – mapování
 - Projekční činnost
- Dopravní zatížení
 - Monitoring hustoty dopravy, nehod a křižovatek
 - Dopravní analýzy
 - Zaměření dopravních nehod
- Energetika a utility
 - Monitoring energetických přenosových vedení a dalších objektů vyžadujících pravidelnou kontrolu
 - Zjišťování zásob v otevřených dolech a lomech

- Dokumentace skrývky
- Dokumentace rekultivace
- Kontrola ochranných pásem
- Kontrola produktovou, podzemních a nadzemních potrubí, plynovodů, ropovodů, hlavních přivaděčů vody
- Města
 - Pasporty
 - Modelování
 - 3D modelování
 - Vizualizace
 - Územní plány, rozbory
- Technické inspekce konstrukcí, výrobních zařízení a podniku
 - Kontrola mostních konstrukcí ze shora i ze spodu
 - Lanové a visuté dráhy
 - Povrchové doly – přepravníky, kolečková rypadla a jejich technický stav
 - Chemičky a rafinerie
 - Letiště
 - Jaderné elektrárny
 - Složité výrobní podniky – např. areál Vítkovice, Škoda Plzeň, Škoda Mladá Boleslav
 - Obecné mapy a GIS v kombinaci s mobilním laserovým skenerem
- Pojišťovny
 - Kontrola pojistných objektů s využitím modelů terénu
 - Možnost pořizování podrobnější dokumentace před škodami
 - Dokumentace škod po havárii, požáru, povodni, větrné kalamitě – lesní vývraty
- Telekomunikace
 - Kontrola technických zařízení na stožárech a střechách
- Zemědělství a lesnictví
 - Monitoring závlah

- Škody po lesních požárech
- Monitoring těžby dřeva
- Měření biomasy
- Monitoring sklizně
- Zjišťování škod po přírodních katastrofách – vichřice, lokální povodně
- Stav nepovoleného kácení
- Eroze
- Kontroly v rámci dotačních titulů
- Monitoring údržby porostů
- Projekční činnost obecně – např. lesních hospodářských plánů
- Životní prostředí
 - Monitoring znečištění při katastrofách
 - Monitoring vodních toků a ploch
 - Dokumentace břehu vodních toků a ploch
 - Dokumentace objektů na tocích
 - Dokumentace sedimentu při rekultivaci nádrží, výpočty kubatur nánosů
 - Monitoring zásob sněhu
 - Mapování vodních toků a náplav
 - Národní parky – specifická dokumentace
- Výstavba objektů, dokumentace staveb
 - Monitoring staveb, reporty pro kontrolní dny
 - Kontrola větrných elektráren
 - Kontrola mostů ze spodu – vysoké mosty přes vodní toky a obtížně přístupné objekty
 - Kontrola povrchových vlastností objektu – praskliny, stav omítky, štuky
 - Praskliny na komunikacích a ranvej
 - Snímky rodinných domů a zahrad – tvorba 3D modelů
 - Kontrola koridorů – překážky, porosty
 - Kontrola ochranných pásem
 - Monitoring přesunů hmot a výpočty objemů

- Kubatury posypových materiálů
- Mapování dopravních staveb – tunelů, mostů, dálnic
- Mapování před zahájením stavby a po dokončení – mapování skutečného provedení stavby
- Policie, IZS
 - Monitoring hranic
 - Policie – zaměření místa činu vytvoření digitální podoby
 - Inventarizace dopravních i jiných nehod
 - Forenzní animace
 - Observace míst po katastrofách
 - Monitoring větších areálů
 - Simulace 3D objektů pro zvláštní jednotky a jejich trénink
- Zábava a volný čas
 - Skenování filmových studií
 - Skenování scén a tvorba 3D modelů
 - 3D vizualizace a animace sportovních a uměleckých areálů
- Filmový průmysl a marketing
 - Interaktivní 3D modely areálů
 - Podpora filmařů
 - Skenování samotných herců
 - Prezentace developerských projektů
- Archeologie
 - Dokumentace objektů
 - 3D modely památek
 - Modely jeskynních systémů
 - Inventarizace model soch pro restaurátory
 - Dokumentace poškození fasád
 - 3D modely vykopávek
 - Dokumentace archeologických nalezišť

6.1.2 Zaměření, výstupy a aplikace z laserových skenovacích systémů

Se systémem LSS bude možné nahrazovat klasické geodetické měření v terénu. Výstupy bude možné použít pro:

- dokumentační účely kontrolních dnů staveb, dále dokumentace objektů a areálů v průběhu času, dokumentace pro projektanty a vizuálně působivé 3D modely pro reklamy,
- dokumentaci dodržování stavebního postupu dle projektu složitých technologických staveb,
- energetiku, archeologii, marketing, integrované záchranné systémy,
- pokročilé 3D mapování krajiny a modelování,
- oblasti komerčních příležitostí.

Se založením firmy současně probíhá přípravná komunikace s potenciálními zákazníky o konkrétních zakázkách pro rok 2017 z těchto odvětví, jejichž získání je ale podmíněno včasnými investicemi dle investičního plánu:

- Energetika – 3D modelování rozvodů, elektráren a tepláren,
- Výpočty kubatur v lomech a povrchových dolech,
- Geoinformační služby pro široké spektrum zákazníků (mapování krajiny, digitální modely terénu),
- Univerzitní a vědecké projekty – dopravní analýzy, monitoring erozních událostí apod.,
- Distribuce světově známých skenovacích systémů, které nemají distributory v ČR.

V přehledu jsou vypsány další analyzované oblasti s potenciálem pro užití LSS technologie, které jsou doporučeny jako první k oslovení, protože jsou poměrně dobře dostupné. Na trzích těchto oborů nebyly identifikovány žádné překážky pro vstup a nabídka LSS služeb je pro zákazníky vzhledem k jejich potřebám aktuální a současně atraktivní z důvodu úspor:

- Podpora geodetů a projektantů
 - Pasportizace okolí komunikací, parků v sídlech, plány závodů, pozemkové úpravy – mapování
 - Podklady pro GIS – bodová mračna, DMT, DSM

- Terénní profily, profily sesuvů, skal
- Půdorysy zaměřených objektů, technologií
- Filmový průmysl a marketing
 - 3D modely studií, modely scén, herců a rekvizit pro samotný film, 3D modely historických památek, soch, 3D modely sportovišť pro TV
- Pojišťovny
 - Kontrola pojistných objektů, pořizování podrobnější dokumentace před škodami, dokumentace škod po havárii, požáru, povodni, větrné kalamitě
- Energetika a utility
 - Monitoring produktovodů, plynovodů, ropovodů, elektrických rozvodů, hlavních přivaděčů vody, nadzemních elektrických vedení a dalších objektů vyžadujících pravidelnou kontrolu, zjišťování zásob vytěžených objemů v otevřených dolech a lomech, dokumentace skrývky a rekultivací
- Policie, IZS, bezpečnostní agentury
 - 3D model místa nehody, místa činu nebo škody
- Zábava a volný čas
 - Vizualizace sportovních areálů, skiareálů, závodišť
 - 3D modely a animace památek

6.1.3 Analýza trhu – konkurence v ČR

V současnosti je trh s LSS technologiemi v ČR na rozvoji. Na trhu se vyskytují distributoři vybraných laserových skenerů a současně společnosti, které laserové skenovací systémy vlastní a nabízejí s nimi spojené služby nebo nabízejí pouze služby z výstupních dat.

Poskytovatelé geoinformačních služeb z laserového skenování

- Arcadis CZ a.s.
- BW precision systems s.r.o.
- Central European Data Agency a.s.
- Control Systems s.r.o.
- ČÚZK

- Gefos a.s.
- Geodrom s.r.o.
- Georeal s.r.o.
- GEOVAP, spol s.r.o.
- GIS-STAVINVEX a.s.
- Hrdlička s.r.o.
- MDP Geo, s.r.o.
- Primis s.r.o.
- SolidVision s.r.o.
- TopGis s.r.o.

V tomto seznamu poskytovatelů laserových skenovacích služeb je nutné brát v potaz, že některé z těchto firem ani laserovým skenerem nedisponují, ale nechávají si data skenovat a pouze je zpracovávají. Navíc se každá z firem zaměřuje jiným směrem (mobilní, letecké, ruční nebo pozemní skenování).

Výhradní distributoři

V České republice jsou tito výhradní distributoři laserových skenovacích systémů:

- Gefos – produkty společnosti Leica
- TopoGeosys – produkty společnosti Faro a Topcon
- Geotronics – produkty společnosti Trimble

Kromě Českých výhradních distributorů lze ostatní laserové skenovací systémy pořídit v sousedních státech – např. systémy společnosti Riegl i dalších jiných výrobců, které v České republice nemají výhradní zastoupení.

6.1.4 SWOT analýza

Pro zmapování všech faktorů na trhu a pro tvorbu strategie podniku je vytvořena v Tab. 2 SWOT analýza, která zobrazuje přehled poznatků silných a slabých stránek projektu a současně příležitosti a hrozby projektu.

Na základě této analýzy je dále vytvořena analýza trhu, včetně souvisejících rizik, marketingová strategie i organizační plán.

Ze SWOT analýzy plyne, že hlavními výhodami záměru projektu poskytování služeb laserového skenování je především možnost širokého spektra využití těchto služeb, což může značně rozšířit do budoucna portfolio zákazníků, a i vytváření inovativních výstupů a míst nasazení této technologie, a to může v budoucnu pomoci rozvoji podniku i za hranicemi ČR. Současně se laserové skenovací systémy stále zdokonalují a efektivita práce s nimi se bude nadále zlepšovat. Mezi slabé stránky může patřit například nedostatečná zkušenost personálu s těmito systémy a tvorbou požadovaných výstupů, případně nutné opravy a další skutečnosti plynoucí především z nedostatku financí na servisní úkony a první nutné režijní práce pro kvalitní zavedení služeb na trh. Příležitostí je hlavně, že se stále jedná o poměrně novou a zajímavou technologii a metodu, která je atraktivní a nabízí speciální možnosti, a v kombinaci s marketingovou strategií, důrazem na profesionalitu a kvalitu se podnik může propracovat na vrchol v tomto oboru v ČR. Mezi hlavní hrozby do budoucna patří především zvyšování konkurence v tomto odvětví a samotný trend zlevňování těchto technologií, a do budoucna i tlak na cenu poskytovaných služeb.

| SWOT Analýza | | |
|----------------------|--|--|
| VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ | SILNÉ STRÁNKY <ul style="list-style-type: none"> • Kvalifikovaný personál • Rozšíření portfolia geoslužeb • Vybraný nejlepší možný skener na trhu pro vybranou oblast • Vysoké rozlišení výsledných dat • Široké spektrum výstupů (modely, mračna, mapy, geodetické podklady, řezy) • Široké spektrum využití (GIS, geodézie, záchranné složky, stavebnictví) • One man systém – dálkové ovládání skenování • Možnost skenování za zhoršených klimatických podmínek • Dynamika vývoje laserových skenerů | SLABÉ STRÁNKY <ul style="list-style-type: none"> • Nečekané problémy a opravy • Nedostatek financí pro nákup náhradních dílů • Nedostatek baterií – další investice • Výdrž, omezující provádění rozsáhlejších prací – nutnost zakoupení elektrocentrály • Neprovedené pilotní projekty se zakoupeným skenerem • Neexistence kompletní analýzy trhu • Nižší připravenost obchodního týmu po odborné stránce • Nižší motivace obchodního týmu prodávat menší zakázky |
| | VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ | PŘÍLEŽITOSTI <ul style="list-style-type: none"> • Nová technologie • Možnost být jedničkou na tuzemském trhu v oblasti služeb LSS • Vývoj nových prvků pro laserové skenování • Využití marketingové strategie • Prezentace na veřejnosti – účast na konferencích, webová podpora, šíření pomocí sociálních sítí • Možnost online skenování pro sdělovací prostředky |

Tab. 2: SWOT analýza

6.1.5 Vstupní bariéry a rizika

Mezi hlavní vstupní bariéry a rizika rozvoje firmy patří:

- Rychlý nárůst konkurenčního prostředí, zejména levnějších LSS a aplikací s jejich daty – je pak obtížné stát se jedničkou na českém trhu,
- Zlevňování technologií LSS – tyto systémy jsou pak dostupné pro další a další nové firmy a konkurenci,
- Chybná rozhodnutí při výběru vhodného skenovacího systému, která vedou k úzké specializaci na konkrétní služby nebo nesnáze plynoucí ze zpracování dat z takového LSS.

Dílčí rizika projektu

Výše uvedená rizika jsou přijatelná. Je předpoklad, že pokud by se zjistilo, že záměr nasazení různých prostředků LSS v masivnějším rozsahu a nebo prodej laserových systémů není možné realizovat, tak bude zakoupených prostředků LSS využito pro řešení dílčích menších projektů v rámci stávajících technologických postupů sběru geoinformací.

Zlevňování technologií LSS vzhledem k velké konkurenci ve světě a možné větší dostupnosti pořízení těchto systémů představují dílčí riziko tohoto projektu. Vedle toho může nově začínající firmu ohrožovat rozšiřování portfolií služeb laserového skenování již stávajících firem, které se doposud soustředili pouze na určitý segment laserového skenování.

Chybný výběr LSS nebo nevhodně zvolené portfolio služeb by vedl ke zdržení celého projektu a návratnosti vložených finančních prostředků.

Obrana proti hlavním rizikům

Jako nejdůležitější je možné považovat nalezení vhodného typu laserového skeneru, který bude nejefektivnější a nejspolehlivější po požadované portfolio služeb. Výběr je možné provést na základě teoretické části této diplomové práce. Dále je třeba vypracovat dostatečně podrobné portfolio služeb navázaných na speciální oblasti sběru geoinformací. Předpokládá se, že všichni poskytovatelé služeb laserového skenování se v České republice zaměřují

pouze na stavebnictví. Proto je třeba aktivně hledat nové příležitosti využití a hledat inspiraci i ve světě.

Od počátku řešení projektu bude nezbytné zahájit diskuzi s odpovědnými orgány státní správy a dalších společností s cílem modifikovat odpovídající legislativu ve prospěch komerčních zájmů tak, jako tomu bylo např. na Českém úřadu zeměměřickém a katastrálním, pro uznání laserového skenování jako měřické metody pro účely katastru.

Je nutné dbát na detailní analýzu laserových skenovacích systémů pro nákup z hlediska nejen ekonomického, ale především technického, s důrazem na přesnost a dosah skenování.

6.2 Analýza nákladů LSS zařízení včetně příslušenství

V příloze 1 je umístěna tabulka, obsahující technické parametry různých druhů pozemních LSS. Z pohledu provozního je důležité, pro jakou činnost má být LSS používáno, jaká je očekávaná přesnost měření, dosah skenování, rychlost skenování a hustota skenování. Mezi další hlediska patří možnost ovládání, doporučené klimatické podmínky pro skenování, hmotnost a technická podpora (servis, zastoupení v ČR, technická podpora po telefonu apod.).

6.2.1 Pozemní laserové skenery

Z pohledu výše uvedeného se v tabulce objevuje spousta typů LSS na mezinárodním trhu. Vzhledem k celosvětovým referencím a zkušenostem autora s vybranými značkami, byly do užšího výběru ze seznamu vybrány následující typy LSS, které by byly vhodné:

- Leica ScanStation P20, v ČR zastupuje Gefos a.s., cena je 1 200 000 Kč bez DPH
- Leica ScanStation C10, v ČR zastupuje Gefos a.s., cena je 2 000 000 Kč bez DPH
- Faro Focus 3D, v ČR zastupuje TopGeosys, s.r.o., cena je 850 000 Kč bez DPH
- Trimble TX8, v ČR zastupuje Geotronics s.r.o., tento systém zatím není v prodeji, bude dostupný v prvním pololetí roku 2014
- Riegl VZ 4000, lze kopit pouze v zahraničí (nejblíže v Rakousku), cena je 3 000 000 Kč bez DPH

Z daných možností se jeví jako nejvýhodnější varianty:

- Leica ScanStation P20
 - Nejmodernější systém kombinující laserový skener s totální geodetickou stanicí
- Faro Focus 3D
 - Lehký, praktický a malý pozemní laserový skener s možností využití i na bezpilotních leteckých prostředcích

Doporučenou variantou pro níže sepsané důvody je Leica Scanstation P20:

- Jednoduše konstrukčně vyřešen, jedná se o technologickou novinku
- Snadno se ovládá včetně možnosti dálkového ovládání
- Má poměrně dobře dořešen následný softwarových způsob zpracování dat (SW od firmy výrobce Leica Geosystems)
- Lze očekávat technologickou podporu aplikací od distributora Gefos a.s.

Kromě těchto systémů je k dispozici celá další řada LSS, ale podle dostupných informací nejsou tyto systém tak dobře technologicky dořešené ať už v oblasti HW komponentů nebo SW kompatibility. Vývoj je však třeba sledovat a vyhodnocovat technologické inovace.

6.2.2 Finální výběr laserového skenovacího zařízení v roce 2018

Z uvedeného užšího výběru v teoretické části diplomové práce, byl vybrán laserový skenovací systém Leica ScanStation P20.

Tento systém byl vybrán především s ohledem na efektivitu práce, protože není zaměřen pouze na laserové skenování (je možné ho využít i jako totální stanici v klasické geodézii). Dále byla velice důležitým kritériem cena, délkový dosah měření a rychlost měření.

V rámci začínající firmy je třeba investovat do nejnovějších technologií, což splňuje vybrání laserového skeneru, který představuje novinku v celém segmentu laserových skenovacích systémů, zároveň již ve světě ověřenou v praxi.

Základní parametry skeneru Leica ScanStation P20 jsou:

- Rychlost skenování až 1 milion bodů za sekundu
- Přesnost dle dosahu až 3 mm
- Dosah skenování až 120 m

- 7 přednastavených hustot skenování (rozlišení bodového mračka)
- Možnost skenování až do -20°C
- Váha 11,9 kg
- Integrovaný SSD disk o velikosti 256 GB
- Možnost zavěsit skener vzhůru nohama
- Dálkové ovládání skeneru
- Dotykový barevný VGA display
- Automatická registrace bodových mračen

S tímto laserovým skenerem bude třeba provést několik druhů pilotních testů před ostrým nabízením zákazníkům tak, aby bylo možné stanovit reálné možnosti využití, přesnosti a doložení zákazníkům hotové otestované projekty a využití.

Současně je třeba nakoupit náhradní díly a všechny potřebné doplňky pro samostatné provozování laserového skenování – vřícovací body, baterie, stativy, kabely, nabíječku, GNSS anténu, kryt, tablet. Nezbytnou součástí je také potřebný HW a SW pro práci s výstupními daty z tohoto laserového skeneru. Jedná se především o notebook do terénu a stolní počítač se specifikovaným HW a SW Cyclone (práce s bodovými mračky) a Microstation (CAD SW pro tvorbu stavebních výkresů, řezů, půsorysů apod.)

6.2.3 Nákup vybraného LSS zařízení včetně příslušenství v roce 2018

V plánu pro rok 2018 je nákup konkrétního vybraného LSS a dalšího vybavení pro sběr a zpracování dat. Přehled nákupů je v následujících kapitolách.

Laserový skenovací systém

Leica ScanStation P20 – vzhledem k dříve uvedenému vyhodnocení užšího výběru LSS, byla zvolena tato technologická novinka, která může sloužit i ke klasickému geodetickému měření. Tudíž bude moci začínající společnost rozšířit portfolio svých služeb kromě laserových skenovacích služeb i na geodetické služby v oblasti katastru nemovitostí nebo územního plánování.

Další LSS – jeho přesný výběr bude proveden během druhé poloviny roku 2019, podle obchodních příležitostí nebo pro doplnění případně posílení již zakoupeného LSS.

Software

Pro efektivní zpracování dat slouží speciální SW, který (polo)automaticky provede výpočty výstupů skenování do formy bodového mračna, digitálního modelu povrchu a 3D modelování. Kromě klasického modelování bude třeba i SW cadovského typu, pro tvorbu stavebních výkresů (řezy, půdorysy, vrstevnice apod.).

Ze software pro laserové skenování byla z možností Cloudworx, Cyclone, Geomagic a TerraScan vybrán software Cyclone s moduly Scan, Register a Survey za 200 000 Kč bez DPH. Software byl vybrán i vzhledem ke kompatibilitě se zakoupeným skenerem a v rámci prodejního balíku od stejného výrobce skeneru. Software umožňuje vytvářet digitální modely, 3D modely, ředění bodových mračen a práci s nimi nebo export do dalších SW.

Tento software po zpracování dat bude doplněn potřebným CAD software, kde byl z možností AutoCAD a Microstation vybrán SW Microstation pro další práci s daty a tvorbu stavebních výkresů, topografických modelů a práci se souřadnými systémy. Jeho cena je 155 000 Kč bez DPH.

Hardware

Vzhledem k výpočetním nárokům SW Cyclone a Microstation a požadovaným aplikačním výstupům je nutné nové hardwarové vybavení v podobě stolního počítače a notebooku. Pro kontrolu laserového skenování v terénu je třeba pořídit notebook (cena cca 25 000 Kč bez DPH), Ke zpracování velkých objemů dat je optimálním řešením jeden stolní počítač (cena cca 60 000 Kč bez DPH) pro práci s bodovými mračny, pokročilé úlohy typu 3D modelování, animace, tvorbu kubatur. Poslední hardwarové výdaje jsou pro diskové pole (cca 100 000 Kč bez DPH) pro uložení a zálohu zakázek a jejich objemných dat.

Automobily

Pro převoz LSS zařízení jsou vhodné prostorné SUV automobily tak, aby bylo možné současně naložit všechno potřebné vybavení pro zaměření vřícovacích bodů a realizaci

vlastního skenování. Na základě zkušeností je pro některé zakázky nutné také převážet stativy, vřícovací body, notebook, nářadí a terénní výbavu pro zaměstnance. V rámci úspor bude vybrán ojetý SUV (4x4) automobil (350 000 Kč bez DPH) a menší osobní automobil (250 000 Kč bez DPH) pro obchodní a marketingové aktivity. V případě nedostatku financí z vlastního finančního zdroje může být proveden nákup automobilu na operativní leasing.

6.2.4 Cíle pro rok 2019

Hlavní cíle:

- Stabilizovat provoz LSS po technické stránce
- Dokončit pilotní projekty a definovat základní technologické procesy
- Identifikovat obchodní příležitosti
- Definovat portfolio služeb
- Rozvinout obchodní aktivity navázané na využití LSS
- Práce na zdokonalení současných LSS s výzkumnými organizacemi, vytvoření servisního a distribučního centra laserových skenovacích technologií – to je dlouhodobým cílem
- Postupná vyrovnaná finanční bilance projektu – zde se také jedná o dlouhodobý cíl
- Stanovit cíle pro roky 2017 – 2018

Vedlejší cíle:

- Jasná profilace LSS služeb a zaujetí pozice jedničky u veřejnosti v oblasti LSS na českém, případně i slovenském trhu
- Zajištění kvalitních profesionálních výstupů – digitální modely 3D modely, geodetická měření, topografické modely
- Získat kvalitní reference napříč spektrem i v rámci pokročilých úloh jako je např. indoor mapování, výpočty kubatur, archeologie a další
- Rozvoj doposud specifických aplikací – inventarizace lokalit pro integrované záchranné složky
- Rutinní zvládnutí dosavadních technologií a všech LSS po technické, plánovací, zpracovatelské i terénní stránce

- Vstup na geoinformační scénu, registrace do příslušných asociací
- Vytvoření kvalitního komerčního i marketingově působivého portfolia
- Vytvoření dostatečně reprezentativní webové prezentace spojené s propagační kampaní na všechny služby, které jsou spolehlivě a reálně k prodeji
- Odpovídající podpora obchodu a marketingu
- Odpovídající podpora projektu ze strany vedení společnosti
- Odpovídající podpora projektu ze strany obchodního týmu
- Neotřelé propagační materiály směřující k velkým společnostem
- Terénní prezentace pro klíčové potenciální zákazníky
- Analyzovat trh v oblasti LSS a pokusit se najít unikátní oblasti komerčního uplatnění v budoucnu a těm pak přizpůsobit další vývoj
- Snaha získat finanční podporu na rozvoj firmy v oblasti LSS od jiných institucí – např. Technologická agentura
- Konzistentní a profesionální vystupování LSS týmu
- Finanční nezávislost projektu

Zásadní nezbytné investice:

- Spolehlivý SW pro zpracování bodových mračen a 3D modelů
- Odpovídající HW (stolní PC, notebook do terénu, diskové pole) – je nutné zakoupit ihned, společně s koupí skeneru tak, aby bylo možné vše vyzkoušet před zahájením sezóny
- Baterie pro navýšení času skenování, případně elektrocentrála pro celodenní napájení skeneru a počítačů v extravilánu. Dále je třeba měnič napětí do automobilu a auto nabíječky pro notebook
- Více lícovacích bodů pro spolehlivost využití v případě jejich ztráty, poškození nebo odcizení
- Automobily pro obchodní oddělení a LSS do terénu – první nejlépe ihned, druhé současně s koupí skeneru, možnost nákupu na operativní leasing

6.3 Plán projektu a finanční posouzení

V následující kapitole je naplánován rozpočet celého projektu včetně plánu fází a organizace projektu. Dále je zde uvedena krátkodobá obchodní strategie a možnost návaznosti na již realizované projekty v České republice.

6.3.1 Plán, fáze a organizace projektu

Projekt bude rozdělen do jednotlivých fází a klíčových milníků v čase uvedených v Tab. 3:

| Fáze /Milník | Datum do |
|---|-----------------|
| Primární analýza LSS z hlediska využitelnosti | 1.1.2019 |
| Nákup vybraného typu laserového skeneru | 15.1.2019 |
| Průběžná zpráva o řešení projektu | 28.2.2019 |
| Registrace v ČAGI (Česká asociace pro geoinformace) | 28.2.2019 |
| Zpracování 2 pilotních projektů z oblasti sběru geoinformací | 28.2.2019 |
| Stabilizace po technické stránce v závislosti na investicích | 31.3.2019 |
| Zpracování obchodní analýzy trhu a marketingové kampaně | 31.1.2019 |
| Marketingová podpora – moderní internetové stránky, propagace | 31.1.2019 |
| Zpracování a vytvoření promo videí | 28.2.2019 |
| Zavedení laser. systému do testovacího provozu a technologie | 30.2.2019 |
| Zpracování doporučení pro další postup ve strategické iniciativě pro 2020 a 2021 | 15.4.2019 |
| Závěrečná zpráva o řešení projektu za rok 2019 | 30.11.2019 |
| Obchodní a marketingový plán na rok 2020 | 31.12.2019 |

Tab. 3: Fáze projektu v roce 2019 (vlastní zpracování, 2018)

Organizace týmu bude řešena na základě organizačního plánu a podle níže uvedené organizační struktury v Tab. 4, která se bude postupem času s růstem týmu strukturovat do oddělení výroby, oddělení obchodu apod.

| Role | Expertní znalost | Účast [%] |
|--------------------------|-------------------------|------------------|
| Manažer projektu | Manažer | 100 |
| Terénní pracovník | Geodet | 100 |
| Terénní pracovník | Geodet | 100 |
| Zpracovatel | GIS | 100 |
| Obchodní manažer | Obchod | 100 |
| Externí pracovník | GIS | 35 |

Tab. 4: Organizační role týmu (vlastní zpracování, 2018)

6.3.2 Organizační plán

Organizační plán definuje vlastnickou strukturu podniku, personální zajištění a formu vybraného podnikání.

Vlastnická struktura

Předpokladem pro efektivní řízení podniku je, že vlastníkem společnosti bude jeden, maximálně tři investoři, jejichž podíly budou upraveny ve společenské smlouvě o založení společnosti s ručením omezeným. Investice a počet investorů by měl být vázán především na to, aby počáteční investice do podniku byla vložena vlastními finančními zdroji, pokud možno bez potřeby cizích finančních zdrojů jako jsou například úvěry nebo půjčky.

Společnost s ručením omezeným je vhodná pro výběr vzhledem ke skutečnosti, že společníci nemusí ručit celým svým majetkem a možnostem jednodušeji upravovat majetková práva.

Zaměstnanecká struktura

Zaměstnanecká struktura podniku by měla být tvořena majitelem a investorem podniku, který by měl být současně jednatelem podniku a měl být klíčovou postavou tvorby a dodržování strategie podniku.

Klíčovou postavou celého podniku by měl být provozní ředitel a manažer, kterým případně může být majitel a investor podniku. Tato osoba by se měla starat o každodenní chod podniku, provádět řízení podniku a zaměstnanců, starat se o spokojenost zákazníků, kontrolovat kvality služeb a rozvíjet dále služby podniku.

Další důležitou osobou je obchodní manažer podniku, jehož hlavním úkolem je shánění nových zákazníků a pečování o stávající zákazníky. Tato osoba musí mít technické zázemí nabízených služeb, aby mohla nabízet správně služby, a o nich alespoň rámcově se zákazníky komunikovat a případně dále rozvíjet jejich poptávku a nápady s ohledem na znalost provozních postupů této služby.

Dalšími pracovníky by měli být dva terénní pracovníci, kteří by zajišťovali samotné laserové skenování v terénu a připravili data pro dalšího jednoho až dva pracovníky, kteří by naměřená data dále zpracovávali do specifických výstupů dle požadavků zákazníků.

6.3.3 Marketingová strategie

Marketingová strategie zásadně určuje základní směry vedoucí ke splnění definovaných cílů a jak se bude podnik profilovat k zákazníkům. Marketingová strategie vychází z podnikové vize, kterou rozvíjí a doplňuje.

V případě založení nové společnosti v definovaném specializovaném oboru laserového skenování se bude jednat o malý podnik, který v prvních letech své činnosti bude nabízet jeden hlavní produkt, kterým jsou služby laserového skenování a z nich plynoucí další možné výstupy. V předchozí kapitole obchodní strategie jsou definovány tržní segmenty a jejich určování dále vychází ze SWOT analýzy,

Výsledkem je tedy produktová specializace se zaměřením na více tržních segmentů.

Marketingový mix

Marketingový mix je souhrn čtyř základních marketingových nástrojů, sloužící k usilování a dosažení svých cílů.

Product

Produktem je speciální služba laserového skenování, která je prostředkem k získání pokročilých geografických výstupů, které lze dále zpracovávat do dalších druhů výstupů popsanych v kapitole analýza trhu a komerční příležitosti. Kromě tradičních mapovacích výstupů, které do jisté míry nahrazují současné geodetické služby s přidanou hodnotou a efektivitou, je záměrem tohoto projektu nabízet tuto službu i pro další potenciální komerční příležitosti, především na základě inovativních projektů využití laserového skenování v zahraničí.

Laserové skenování je úzce profilovaná technická služba, což znamená nutnost technicky kvalifikovaného personálu a vybavení, ale současně její využití je možné ve spoustě tržních segmentů. Vzhledem k tomu, že je tato technologie stále ještě poměrně nová, tak v případě spolupráce na výzkumných projektech s výzkumnými organizacemi se zaměřením na uvedené tržní segmenty lze očekávat i dodatečné nové možnosti využití laserového skenování, které může přinést značnou konkurenční výhodu.

Price

Každá společnost usiluje o co největší počet zákazníků a tržeb. Pro tuto speciální a specifickou službu nelze úplně předpokládat volbu strategie nejnižší ceny vzhledem k poměrně velkým očekávaným investicím a chybějícím úsporám v začátku podnikání. Podnik se tedy bude zaměřovat na kvalitu výstupů, zákaznický přístup a odbornost a spoluprací na výzkumných úkolech k prohlubování kvalifikace a odlišnosti nabídky využití laserového skenování od stávající konkurence. Cena služby je závislá na rozsahu využití laserového skenování a jeho zpracování do formy požadovaného výstupu zákazníkem, dále s ohledem na velikost snímaných dat a lokalitu prováděného laserového skenování. Služba laserového skenování je vždy dle požadavků zákazníka unikátní, a proto pro takové služby neexistují ani přesné ceníky a jedná se vždy o individuální nacenění poptávky a snaha o vstřícnost k zákazníkovi. S ohledem na uvedenou cenovou politiku by měla být služba

laserového skenování konkurenceschopná a v kombinaci s technickou specializací a efektivitou prací pro zákazníky zajímavá.

Place

Jelikož se jedná o službu laserového skenování, znamená to, že tato služba bude plně poskytována pouze samotným podnikem a dle vybrané investiční strategie primárně na území České republiky v prvních letech od jejího založení. Marketingová komunikace bude tedy vedena pro celou ČR, a především na uvedené tržní segmenty.

Nezbytností v takto specializovaném odvětví je být přítomen na konferencích, které se v ČR konají v průběhu roku s vysokou návštěvností odborné veřejnosti, zástupců státní správy a samosprávy a velkých společností zaměřené na stavebnictví, geografické informační systémy, geodézii, energetiku, dopravu a další účastníky. Jedná se tedy především konkrétně o Arcdata konferenci, která se koná každý rok v listopadu v kongresovém centru v Praze a jejíž návštěvnost se pohybuje každý rok kolem 950 účastníků z odborné veřejnosti. Na této české největší akci je vhodné mít stánek a přednášku v jedné ze specializovaných sekcí, což činí 30 000 Kč s DPH. Další konference s názvem Geoinformace ve veřejné správě se koná každý rok v květnu v Praze pod Českou asociací pro geoinformace s účastí minimálně 150 účastníků z odborné veřejnosti, kde by měl být podnik členem za 500 Kč s DPH, a mít pak možnost za vstupné na tuto konferenci 3200 Kč s DPH mít zde přednášku ve specializované sekci. Kromě těchto dvou hlavních akcí je možnost mít stánek nebo přednášku na dalších odborných akcích jako jsou Geodetické dny nebo stavebním veletrhu. Cílem aktivní účasti na těchto akcích je dostat podnik do povědomí účastníků a navázat osobní vztah s potenciálními zákazníky a poté na tento první krok navázat další komunikací, a především osobním kontaktem.

Na základě úspěšnosti rozvoje podniku lze v budoucnu předpokládat vytvoření pobočky v dalším městě ČR, případně v zahraničí, pro plynulejší a efektivnější nabízení služeb laserového skenování pro šetření cestovních a organizačních nákladů.

Promotion

Protože služba laserového skenování je poměrně úzce specializovaná technická služba, jejíž využití mezi hlavními plánovanými tržními segmenty se poměrně rychle roznese, především

na základě aktivní účasti na dvou zmíněných konferencích s vysokou návštěvností odborné veřejnosti, tak se nemusí plánovat masivní reklamní kampaň. Navíc pokud bude firma stavět na odbornosti zaměstnanců, tak i přes jejich kontakty je možné poměrně rychle dát vědět o podniku mezi potenciálními zákazníky.

Kromě toho by měla probíhat i cílená mírná propagace, kterou tvoří několik kroků. Především je to tvorba moderních internetových stránek společnosti. Ty by měly informovat o službě laserového skenování, možnostech využití a ukázkách jednotlivých výstupů. Dále možnost zaslání nezávazné poptávky, kontaktní formulář a kontakty a blog. V části blogu by měla být, pokud možno každý týden publikována jedna zpráva, kterou by tvořil obsah z různých prováděných zakázek, výzkumných projektů, účastí na konferencích a jednání s fotkami z každodenní činnosti, vzhledem k tomu, jak jsou tyto specializované výstupy a práce atraktivní a současně taková komunikace navenek v časté periodě vzbuzuje zvědavost zákazníků a je dobrým prostředkem k navázání nadstandardního vztahu se zákazníky. Výroba takových webových stránek by neměla přesáhnout 30 000 Kč s DPH a webhosting 1000 Kč s DPH. Internetové stránky a blog by měl být současně propojený se sociálními sítěmi, kde lze službu laserového skenování poměrně dobře cíleně propagovat jako reklamní sdělení k potenciálním zákazníkům a cena odpovídá předpokládanému počtu oslovených osob.

Pro nejzajímavější provedené zakázky je vhodné vytvořit případovou studii a tu dále propagovat ve specializovaných odborných časopisech (Zeměměřič, CAD) a newsletterech (přes zmíněnou Českou asociaci pro geoinformace nebo Asociaci podnikatelů v geomatice, Odbornou radu pro BIM a další) a šířit tak podnik a jeho činnost do povědomí potenciálních zákazníků.

Vzhledem k tomu, že se jedná o specifické nabízené služby laserového skenování, tak marketingová komunikace bude spočívat především v aktivní účasti na odborných setkání, cílené propagaci služeb a na osobním kontaktu se zákazníky.

6.3.4 Obchodní strategie

Základem je vytvoření obchodní databáze oslovených kontaktů, tabulku potenciálních příležitostí konkrétních zakázek, termínů a zákazníků (pipeline), která se bude jednou týdně hromadně aktualizovat.

Dále je nutné vytvoření obchodní databáze a klasifikace ekonomických činností CZ-NACE a z nich selektovat výběr kontaktů k oslovení dle předmětu podnikání a vzhledem k zaměřenému portfoliu.

Z toho plyne vytvoření poutavých marketingových materiálů a oslovení všech vybraných kontaktů formou e-mailu, zda svolí k zasílání newsletterů pro jejich obor činnosti. Dále je nutné vytvořit poutavé newslettery se zaměřením na výše uvedené segmenty trhu a s odkazem na konkrétní webové stránky s oborovým řešením. Následuje navázání nových kontaktů a dohodnutí osobních jednání.

Současně bude třeba podpora prodeje – konkrétně účast na stavebních a jiných technicky zaměřených veletrzích, konferencích ale také osobní obchodní podpora u následujících firem a to formou prezentace společnosti a způsobu nalezení přidané hodnoty pro konkrétní oslovenou firmu.

Mezi firmy k oslovení je třeba zařadit:

- Ateliéry
 - Barrantov studios a menší filmové ateliéry
- Doprava
 - České dráhy
 - Správa železniční a dopravní cesty (SŽDC)
 - Povodí řek
 - Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD)
 - Technická správa komunikací
- Energetika
 - ČEZ
 - E.ON

- Plynárenské a teplárenské podniky
- Integrované záchranné složky
 - Policie ČR
 - Městské policie
 - Hasičské sbory
- Kubatury a výpočty objemů
 - Heidelberg Group
 - Štěrkovny a pískovny
 - Povrchové lomy a doly v ČR
- Města
 - Útvary rozvoje a územního plánování
 - GIS oddělení
 - Stavební úřady velkých měst
- Stavební firmy
 - Hochtief
 - Metrostav
 - Strabag
 - Skanska
 - OHL Železniční Stavby
 - PSG
- Výrobní podniky
 - Vítkovice
 - Škoda Plzeň
 - Škoda Mladá Boleslav
- Zemědělství, lesnictví a ochrana životního prostředí
 - Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
 - Firmy provádějící geologický průzkum
 - Soukromé i státní Lesy ČR
- Archeologie a architektura
 - Památkové ústavy

- CzechTourism

6.3.5 Návaznost na příbuzné a již realizované projekty v ČR

- ŘSD – doplnění naskenování celé dálniční sítě o 3D modely všech mostů a tunelů v ČR
- Seznam.cz – nyní probíhá laserové skenování mobilními laserovými skenery umístěnými na automobilech celé silniční a uliční sítě v České republice. Bylo by možné přidat kompletní 3D modely interiérů a budov nebo celých obchodních center pro orientaci zákazníků
- ČEZ – kontrola elektrických vedení, zaměření a vytvoření 3D databází všech elektrorozvodů v ČR – tzv. facility management pro správce sítí

6.3.6 Předpokládané příjmy v roce 2019

1-2 mil. Kč

- Stavebnictví (dopravní stavby a pozemní stavebnictví), pasportizace a zaměření současných stavů objektů, staveb vzhledem k projektové dokumentaci
- Potenciální zákazníci – stavební firmy (Hochtief, Skanska, ŘSD, SŽDC, Metrostav...)

0,5 – 1 mil. Kč

- Mapování, podpora geodetů – digitální modely terénu a povrchu (areály, lokality, přírodní události)
- Potencionální zákazníci – geodetické firmy, vlastníci areálů k mapování, výzkumné ústavy

0,5 – 1 mil. Kč

- Energetika, nadzemní vedení, technologické areály (modelování průběhů technologií)
- Potencionální zákazníci – energetické společnosti, plynárny, teplárny, elektrorozvodny (PRE, ČEZ)

0,5 – 1 mil. Kč

- Kubatury a zjišťování současného stavu lomů, povrchových dolů (v případě uzavření smlouvy s Heidelbergem – štěrk apod.)

- Potencionální zákazníci – vlastníci lomů, povrchových dolů, šterkovny, pískovny (Heidelberg, Lasselberger...)

1 mil. Kč

- Zaměření současných stavů objektů, událostí, živelných pohrom, míst nehod
- Potencionální zákazníci – integrované záchranné složky, analýzy dopravy a nehod, pojišťovny, univerzity

1 mil. Kč

- Architektura, propagační modelování (skiareály, golfová hřiště, sportovní areály, památky, reality, obchodní centra, průmyslová centra...)
- Potencionální zákazníci – developeři, vlastníci uvedených areálů, architektonická studia

6.3.7 Rozpočet projektu

V následující Tab. 5 je uveden stručný návrh rozpočtu pro rok 2019, rozdělený po jednotlivých položkách a ve třech variantách podle výše vstupních investic do podniku.

| Položka | Nezbytné investice v Kč | Investice pro významné postavení na ČR trhu v Kč | Investice pro dominantní postavení na ČR trhu v Kč | Datum investice |
|---|-------------------------|--|--|-----------------|
| Leica ScanStation P20 (pro variantu rozvoje na evropské úrovni min. 2 různé LSS) | 1 200 000 | 1 200 000 | 5 000 000 | 01/2019 |
| Příslušenství | | | | |
| Vlícovací body, baterie, kabeláž, nabíječky, přepravní bedna (GNSS modul, kontroler, stativy) | 300 000 | 500 000 | 1 000 000 | 01/2019 |
| Automobily | | | | |
| Auto 4x4 min. ojeté | 250 000 | 350 000 | 500 000 | 02/2019 |
| Auto malé - obchod | 100 000 | 250 000 | 250 000 | 02/2019 |
| HW | | | | |
| Stolní PC (64 GB RAM) | 50 000 | 65 000 | 65 000 | 01/2019 |

| | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|---------|
| Stolní PC (64 GB RAM) + diskové pole | | 100 000 | 100 000 | 03/2019 |
| Notebook kancelářský | 20 000 | 25 000 | 25 000 | 02/2019 |
| Notebook do terénu | 25 000 | 30 000 | 30 000 | 01/2019 |
| Externí disky | 3 000 | 5 000 | 10 000 | 03/2019 |
| SW | | | | |
| SW pro práci s bodovými mračny | 200 000 | 200 000 | 200 000 | 01/2019 |
| SW pro postprocessing (CAD) | 150 000 | 150 000 | 200 000 | 02/2019 |
| Ostatní SW (systém, kancelářské SW) | 10 000 | 10 000 | 20 000 | 02/2019 |
| Náhradní díly | | | | |
| Vlícovací body | 50 000 | 100 000 | 150 000 | 03/2019 |
| Baterie LSS | 50 000 | 80 000 | 100 000 | 04/2019 |
| Baterie do notebooku a příslušenství | 5 000 | 10 000 | 10 000 | 03/2019 |
| Kabeláž | 5 000 | 5 000 | 10 000 | 03/2019 |
| Kompletní přenosná bedna s náradím všeho druhu | 20 000 | 20 000 | 20 000 | 03/2019 |
| Spotřební materiál | 15 000 | 15 000 | 15 000 | 04/2019 |
| Digitalní kompaktní pro potřeby fotodokumentace vlícovacích bodů | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 03/2019 |
| Nabíječky do auta (USB, 220V), měnič napětí | 5 000 | 5 000 | 5 000 | 02/2019 |
| Marketing | | | | |
| Reklama, podpora prodeje, konference a veletrhy | 300 000 | 400 000 | 500 000 | 03/2019 |
| CELKEM | 2 764 000 | 3 526 000 | 8 221 000 | |

Tab. 5: Návrh rozpočtu pro r. 2019 v Kč na základě průzkumu trhu (vlastní zpracování, 2018)

Komentář k větším investicím:

- PC je jednoznačně nutné k velkým výpočtům a zrychlení procesu zpracování, otázkou je, zda jsou třeba dva počítače – jeden na klasické výstupy, druhý na pokročilé úlohy typu 3D model

- Je potřeba disponovat náhradními díly v případě poškození, odcizení, opravy, aby bylo možné okamžité nasazení náhradních dílů a firma se vyvarovala rizik plynoucích z prodloužení termínů.

Níže je uvedena Tab. 6 s mzdovým návrhem zaměstnanců nově vytvořeného podniku s ohledem na mzdové relace v tomto segmentu, včetně intenzity využití jednotlivých pracovníků v průběhu roku.

| Pozice | Počet měsíců zapojení v roce 2019 | Celkové mzdové náklady za rok v Kč |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Provozní manažer | 12 | 540 000 |
| Obchodní manažer | 12 | 420 000 |
| Terénní pracovník | 12 | 360 000 |
| Terénní pracovník | 12 | 300 000 |
| Zpracovatel | 12 | 360 000 |
| Externí pracovník | 4 | 60 000 |
| CELKEM za 2019 | | 2 040 000 |

Tab. 6: Mzdové náklady na zaměstnance v roce 2019 v Kč (vlastní zpracování, 2018)

V Tab. 7 je stručný souhrn potřebných celkových investic na provoz podniku pro rok 2019 ve třech variantách podle zvolené strategie dosahu a postavení nového podniku na českém trhu.

| | Nezbytné investice v Kč | Investice pro významné postavení na ČR trhu v Kč | Investice pro dominantní postavení na ČR trhu v Kč |
|--------------------------------------|----------------------------|---|---|
| Leica P20 | 1 200 000 | 1 200 000 | 1 200 000 |
| Další LSS | | 1 000 000 | 2 000 000 |
| Náhradní díly a příslušenství | 400 000 | 500 000 | 700 000 |
| HW a SW | 500 000 | 600 000 | 800 000 |
| Režijní náklady | 200 000 | 200 000 | 100 000 |
| Automobil | 350 000 | 600 000 | 750 000 |
| Palivo | 300 000 | 400 000 | 500 000 |
| Marketing | 300 000 | 400 000 | 500 000 |
| Mzdy | 2 000 000 | 2 200 000 | 3 000 000 |
| CELKEM | 5 250 000 | 7 100 000 | 9 550 000 |

Tab. 7: Celkové investice na provoz firmy pro rok 2019 v Kč (vlastní zpracování, 2018)

V následujících Tab. 8 a 9 je prognóza výkazu peněžních toků pro rok 2020 a rok 2021, kdy se očekává ustálení potřebných investic do podniku, a především jejich návratnost ve všech třech variantách rozvoje podniku.

| | Nezbytné investice v Kč | Investice pro významné postavení na ČR trhu v Kč | Investice pro dominantní postavení na ČR trhu v Kč |
|-------------------------------------|-------------------------|--|--|
| Počáteční stav peněžních prostředků | 500 000 | -600 000 | -950 000 |
| Osobní náklady | 2 040 000 | 2 240 000 | 3 000 000 |
| Provozní náklady | 600 000 | 750 000 | 900 000 |
| Výkonová spotřeba | 650 000 | 700 000 | 750 000 |
| Výdaje | 3 290 000 | 3 690 000 | 4 650 000 |
| Příjmy | 7 000 000 | 8 300 000 | 9 500 000 |
| Stav na konci období | 4 210 000 | 4 010 000 | 3 900 000 |

Tab. 8: Cash-flow za rok 2020 (vlastní zpracování, 2018)

| | Nezbytné investice v Kč | Investice pro významné postavení na ČR trhu v Kč | Investice pro dominantní postavení na ČR trhu v Kč |
|-------------------------------------|-------------------------|--|--|
| Počáteční stav peněžních prostředků | 4 210 000 | 4 010 000 | 3 900 000 |
| Osobní náklady | 2 240 000 | 3 000 000 | 3 540 000 |
| Provozní náklady | 800 000 | 900 000 | 1 100 000 |
| Výkonová spotřeba | 800 000 | 850 000 | 950 000 |
| Výdaje | 3 840 000 | 4 750 000 | 5 590 000 |
| Příjmy | 9 000 000 | 10 000 000 | 12 000 000 |
| Stav na konci období | 9 370 000 | 9 260 000 | 10 310 000 |

Tab. 9: Cash-flow za rok 2021 (vlastní zpracování, 2018)

Z uvedeného výkazu peněžních toků vytvořené pro tři varianty v závislosti na výši počáteční investice plyne, že i pro variantu nejnižší investice do projektu by mělo dojít ke generování zisku už v druhém roce činnosti podniku a na přelomu třetího a čtvrtého roku k návratnosti investice.

6.3.8 Výpočet návratnosti investice

K posouzení návratnosti investice pro investora se vychází z výpočtu návratnosti investice, která se značí jako ROI (return of investment). Pro tento výpočet jsou uvažována data cash-flow první varianty nezbytných investic.

| Rok | ROI |
|------|--------|
| 2019 | 9,50% |
| 2020 | 70,66% |
| 2021 | 98,28% |

Tab. 10: Zhodnocení investice 1. varianty nezbytných investic (vlastní zpracování, 2018)

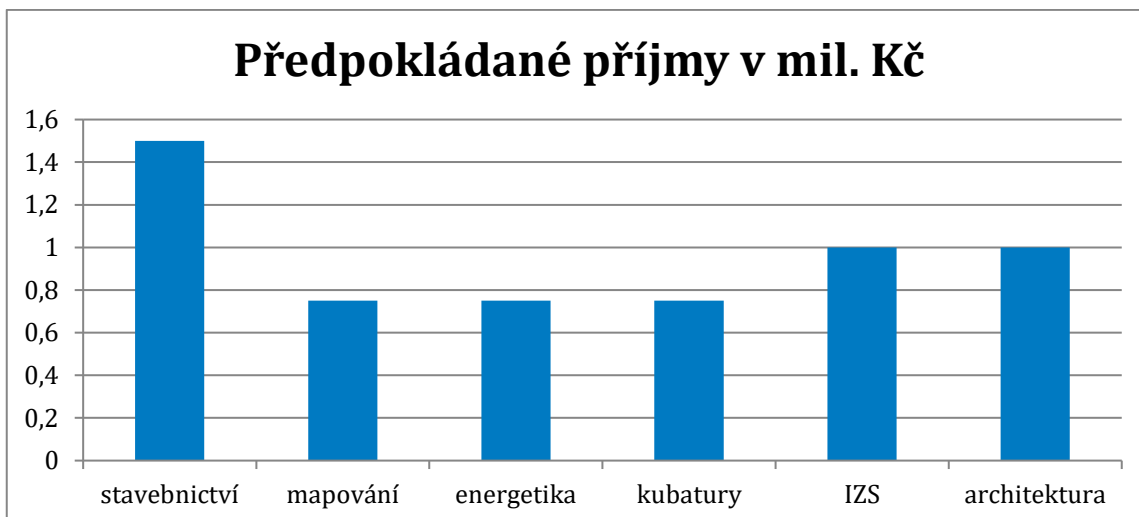
Z uvedených výsledků v Tab. 10 je patrné, že investice do podniku se postupem času zhodnocuje a vykazuje kladné zhodnocení kapitálu a na přelomu třetího a čtvrtého roku dochází k navrácení investice do podniku.

6.3.9 Posouzení plánu

Celkový odhad příjmů pro první rok nasazení LSS pro komerční využití je 5,75 milionu Kč. Vše v závislosti na včasnosti investic (viz. investiční plán v Tab. 7: Celkové investice na provoz firmy pro rok 2019 v Kč (vlastní zpracování, 2018)

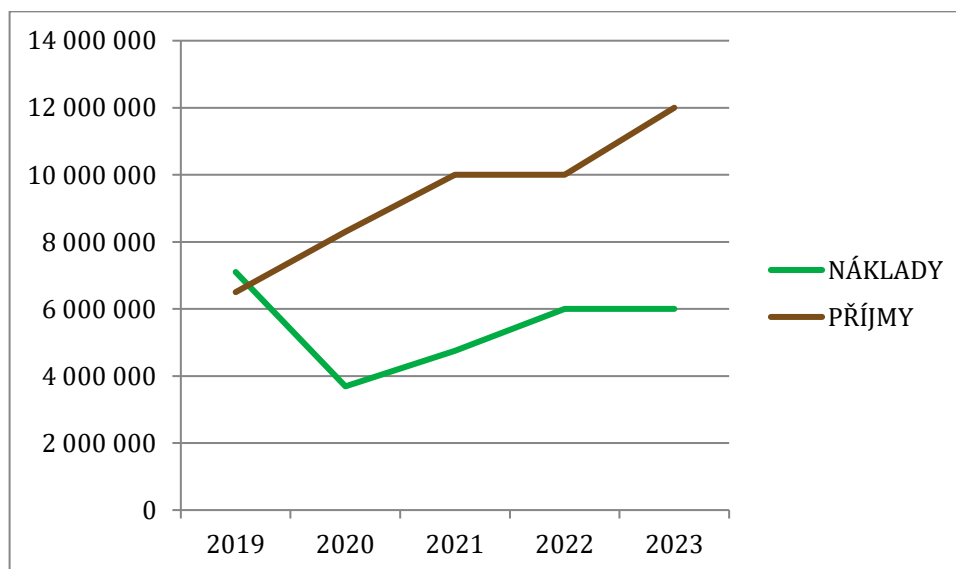
V následujících Tab. 8 a 9 je prognóza výkazu peněžních toků pro rok 2020 a rok 2021, kdy se očekává ustálení potřebných investic do podniku, a především jejich návratnost ve všech třech variantách rozvoje podniku.

pro některé pokročilé úlohy, marketingovou a obchodní podporu a následného prosazení na trhu, z toho plynoucí možnosti dosažení většího nebo menšího objemu příjmů.



Graf 1: Předpokládané příjmy v 2019 v milionech Kč (vlastní zpracování, 2018)

Uvedený vytvořený plán potřebných nákladů a předpokládaných příjmů v období 2019 – 2021 vyjadřuje, že příjmy budou převyšovat poměrně brzy náklady v závislosti na odpovídající podpoře obchodu a marketingu. S růstem podílu na trhu budou růst i příjmy společnosti. Z grafu 2 je také zřejmé, že zatímco náklady zůstávají od druhého roku provozu podniku téměř na konstantní výši, příjmy se každým rokem neustále zvyšují.



Graf 2: Plán předpokládaných nákladů a příjmů ve střednědobém období v Kč pro variantu významného postavení v ČR (vlastní zpracování, 2018)

6.4 Shrnutí výsledků studie proveditelnosti

Pro použití laserových skenovacích zařízení v nově založené firmě se nabízejí 3 strategie rozvoje firmy a odpovídající postavení na trhu, které se liší především výší investice:

- Strategie nezbytných investic pro laserové skenovací služby a produkty na českém trhu
- Strategie rozvoje firmy s cílem významného postavení na českém trhu
- Strategie dominantního postavení na českém a účast i na evropském trhu

Poskytování laserových skenovacích služeb jako doplňkových vyžaduje nižší investici, rozloženou v delším časovém horizontu. Varianta tzv. udržovací počítá s náklady do 4 mil. Kč (plus mzdové náklady cca 1 mil. Kč). Toto řešení využije laserové skenovací systémy na menších projektech, popř. specifických částech zakázek. Pro práci s nasnímanými daty bude třeba zakoupit speciální HW, vybraný laserový skener a SW pro zpracování dat v základní třídě. Tato varianta také nepočítá s rozvojem oddělení laserového skenování ve společnosti v nejbližší budoucnosti. K návratnosti počáteční investice 5,25 mil. Kč v této variantě dochází na přelomu třetího a čtvrtého roku podnikání.

Významné postavení na českém trhu podmiňuje investice ve výši cca 6 mil. Kč (plus mzdové náklady cca 1,5 mil. Kč). Kdy klíčovým faktorem úspěchu je čas. Poskytnutí ½ financí, tzn. 3 mil. Kč do února 2019, které umožní nákup nutného vybavení HW a SW, jejich nastavení, otestování, kalibraci, přípravu a dokončení pilotních projektů, které bude možné představit na začátku 2. čtvrtletí potenciálním zákazníkům. Současně je nezbytná marketingová a obchodní podpora popsána v marketingové strategii, tvorba nových webových stránek a sociálních sítí a navázání spolupráce s výzkumnými subjekty. Toto je nezbytný předpoklad pro včasný vstup na trh a zisk předjednaných zakázek 2019. V další fázi je pak možné jednat o výhradní distribuci se zahraničními výrobci laserových skenovacích systémů, případně možnost vytvoření českého zastoupení a technického servisu. K návratnosti počáteční investice 7,1 mil. Kč v této variantě dochází po pěti letech podnikání za předpokladu průběžného růstu a rozvoje podniku, včetně náborem nových zaměstnanců pro pokrytí vzrůstající poptávky služeb.

Pro získání dominantní pozice v českém měřítku a účast na evropském trhu je nutná počáteční investice, cca 8 mil. Kč (plus mzdové náklady cca 2 mil. Kč) pro nákup speciální

technologie: speciálního HW, více laserově skenovacích systémů, SW pro zpracování nasnímaných dat, automobilů pro převoz LSS zařízení apod. Investici je potřeba provést v krátkém časovém horizontu, protože trh konkurence rychle narůstá. O nákupu LSS řešení uvazují jak komerční, tak i akademické a výzkumné sektory. Nezbytná je cílená a včasná podpora marketingového a obchodního oddělení pro šíření informací o LSS a produktech nabízených odborné i laické veřejnosti a současně vytvoření sítě obchodních kontaktů. K návratnosti počáteční investice 9,55 mil. Kč v této variantě dochází na přelomu pátého a šestého roku podnikání.

V další fázi by mělo následovat vybudování vlastní jednotky pro montáž a servis, na kterou by se navázala distribuční a prodejní síť se zastoupením zahraničních dodavatelů. S touto službou dále souvisí i poskytování technického servisu a vytvoření poradenského centra. Při tomto řešení by vzniklo nové samostatné oddělení / divize LSS s potřebou rozšířit stávající počet zaměstnanců v závislosti na rozvoji a zakázkách.

V případě jakýchkoliv řešení je potřeba současně udržovat spolupráci s výzkumnými organizacemi a technickými univerzitami – např. ČVUT Praha a VUT Brno, které se využíváním laserových skenovacích systémů rovněž zabývají.

Závěr

Autor v diplomové práci uvedl komplexní shrnutí a přehled laserových skenerů a samotných metod laserového skenování, včetně teoretického základu laserového skenování. Součástí je podrobný přehled druhů laserových skenerů, který má za účel detailněji popsat dostupné systémy na trhu a na základě jejich srovnání sloužit jako podklad pro volbu nejvhodnějšího laserového skenovacího systému a metod zpracování s ohledem na zamýšlené využití těchto systémů. Vzhledem k velké variabilitě různých laserově skenovacích systémů a metod pořizování dat z nich, je teoretický přehled nezbytný pro výběr co nejefektivnějšího systému na základě zamýšleného využívání do budoucna.

Ve vlastní práci byla provedena podrobná studie proveditelnosti se zaměřením na případný vznik subjektu se záměrem poskytování služeb v oblasti laserového skenování a s různými možnými strategiemi rozvoje společnosti na základě finančního rozboru. Velký důraz je kladen na analýzu tržního a konkurenčního prostředí v tomto oboru a na podrobný harmonogram při vstupu na trh, organizační plán, marketingovou a obchodní strategii, plán a rozpočet celého projektu, rizika a obrana proti nim, včetně stanovení hlavních cílů pro úspěšný vstup na trh. Současně záleží na strategii zvažovaného postavení subjektu na českém, popř. evropském trhu, což je navázáno především na objemu počátečních investic, které jsou znatelně vyšší než v případě vstupu na trh s vidinou být dalším subjektem ve stávající konkurenci, a které se pohybují v rozmezí od 5,25 mil. Kč až po 9,55 mil. Kč. Vlastní práce je tvořena především uvedenými analýzami trhu, konkurenčního prostředí, nákladovostí, rozpočtem, vše na základě popsané metodiky této práce a místních šetřeních, na základě klasifikace ekonomických činností CZ-NACE, dotaznících, osobních jednání se subjekty na tomto specifickém trhu s konkurenčními a výzkumnými subjekty, přehledem, zkušenostmi a znalostmi autora při dlouhodobém zaměstnání v tomto oboru.

Z vlastní práce plyne, že počáteční investice pro první rok založení subjektu se pohybují okolo částky 5,25 mil. Kč a při plnění harmonogramu prací a investic lze předpokládat, že tato investice by se měla vrátit na přelomu třetího a čtvrtého roku života podnikatelského subjektu při úspěšné realizaci definované obchodní strategie. V případě počáteční investice 7,1 mil. Kč se záměrem významného postavení podniku na českém trhu, dochází k návratnosti investice po pěti letech podnikání za předpokladu průběžného růstu a rozvoje

podniku, včetně nábory nových zaměstnanců pro pokrytí vzrůstající poptávky služeb. A v případě počáteční investice 9,55 mil. Kč pro záměr dominantního postavení podniku na českém trhu dochází k návratnosti investice na přelomu pátého a šestého roku podnikání. Tržní prostředí umožňuje vstup dalšího nového subjektu v tomto perspektivním oboru a na základě studie proveditelnosti má velký potenciál na budoucí úspěšné zavedení na trhu.

Jedná se o poměrně novou a moderní technologii, která přináší úplně nové možnosti tvorby prostorových dat s možnostmi využití ve spoustě oborech, která je současně poměrně finančně náročná a pro její úspěšné využívání, je potřeba mít v tomto oboru zkušenosti, a především komplexní přehled tržního prostředí s propracovanou strategií jako je tato diplomová práce a minimalizovat tak případná rizika a momenty překvapení při volbě vstupu na trh s těmito technologiemi.

Přínosem této diplomové práce je ucelené komplexní strukturované shrnutí a doporučení pro nově začínající podnik, potenciaální investory i uživatele, včetně návratnosti vložené investice, jaké metody laserového skenování jsou pro jejich daný způsob využití nejvhodnější, ať už z hlediska přesnosti, metody a tvorby výstupů. A především tato práce obsahuje kompletní podkladové informace z hlediska finančního posouzení, nákladů, harmonogramu, marketingové strategie, rizik i doporučení pro nově začínající firmu v oboru laserového skenování, které mají účel dostatečně subjekt připravit na co nejefektivnější vstup na trh s těmito službami a výstupy.

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| OBR. 1: MĚŘENÍ DÉLEK (KAŠPAR, 2003)..... | 16 |
| OBR. 2: PRINCIP ROZMÍTÁNÍ SVAZKU ZRCADLEM (KAŠPAR, 2003)..... | 17 |
| OBR. 3: ČÁST CHEMICKÉ TOVÁRNY - MODEL VYTVOŘENÝ Z LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ (KAŠPAR, 2003)..... | 21 |
| OBR. 4: OBYTNÝ DŮM, MRAČNO BODŮ (KAŠPAR, 2003)..... | 21 |
| OBR. 5: BODOVÉ MRAČNO MOSTU PŘES R25 VE SLAVONÍNĚ (KAŠPAR, 2003) | 22 |
| OBR. 6: 3D BODOVÉ MRAČNO DIGITÁLNÍHO MODELU POVRCHU, RUSKO (ARCHIV AUTORA) | 23 |
| OBR. 7: ZAMĚŘENÍ ČÁSTI TUNELU MRÁZOVKA (KAŠPAR, 2003)..... | 23 |
| OBR. 8: SOCHA SV. JANA NEPOMUCKÉHO - BODOVÉ MRAČNO A VYTVOŘENÝ 3D MODEL (ARCHIV FIRMY GEFOS, A.S.)..... | 24 |
| OBR. 9: LASEROVÉ ZAMĚŘENÍ ELEKTRICKÉHO VEDENÍ A JEHO VIZUALIZACE SE STROMY ZASAHUJÍCÍMI DO OCHRANNÉHO PÁSMU VEDENÍ (ARCHIV FIRMY ARCDATA PRAHA, S.R.O.)..... | 25 |
| OBR. 10: BODOVÉ MRAČNO A JEHO REALISTICKÁ 3D VIZUALIZACE (ARCHIV FIRMY ARCDATA PRAHA, S.R.O.) | 25 |
| OBR. 11: BODOVÉ MRAČNO POBŘEŽNÍCH OBLASTÍ PO ZASAŽENÍ HURIKÁNEM SANDY, USA (EXELISVIS.COM, CITOVÁNO DNE 8.1.2017)..... | 26 |
| OBR. 12: PLÁNOVÁNÍ LETECKÉHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ (GIS.ZCU.CZ, CITOVÁNO DNE 18.2.2017) | 29 |
| OBR. 13: KULOVÝ VLÍCOVACÍ BOD (ŠTRONER, 2008)..... | 30 |
| OBR. 14: NALEPOVACÍ VLÍCOVACÍ BODY NA SOŠE (ARCHIV FIRMY GEFOS, A.S.)..... | 31 |
| OBR. 15: VIZUALIZACE BUDOVY V SOFTWARE 3DS MAX (AUTODESK.COM, CITOVÁNO DNE 9.4.2017) | 33 |
| OBR. 16: SKENOVANÁ SOCHA, BODOVÉ MRAČNO, 3D MODEL A ODLITEK Z FORMY VYTVOŘENÉ Z 3D MODELU (LICHTI, 2008) | 34 |
| OBR. 17: PRINCIP LETECKÉHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ (3D LASER SCANNING FOR HERITAGE, 2011)..... | 35 |
| OBR. 18: DIGITÁLNÍ MODEL POVRCHU ŘEKY SVITAVY VYTVOŘENÝ LETECKÝM LASEROVÝM SKENEREM (ARCHIV FIRMY GEODIS, S.R.O.) | 36 |
| OBR. 19: LASEROVÝ SKENER UMÍSTĚNÝ NA AUTOMOBILU (GEODIS.CZ, CITOVÁNO DNE 15.1.2017)..... | 36 |
| OBR. 20: PRŮBĚH ZPRACOVÁNÍ LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ - POSTUPNĚ - MRAČNO BODŮ Z MOBILNÍHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ, DETEKCE HRAN, VZNIKLÉ LINIE, NALEZENÉ BUŇKY, MODEL FASÁDY A ZDOKONALENÝ MODEL FASÁDY (PIKHARTOVÁ, LFGM.FSV.CVUT.CZ, CITOVÁNO DNE 17.4.2017)..... | 37 |
| OBR. 21: SKENOVÁNÍ RUČNÍM SKENEREM (ARCHIV AUTORA) | 38 |
| OBR. 22: RUČNÍ SKENER HANDYSCAN 3D (SOLIDVISION.CZ, CITOVÁNO DNE 19.2.2017)..... | 39 |
| OBR. 23: PRINCIP POLÁRNÍHO SKENERU (ŠTRONER, 2008)..... | 40 |
| OBR. 24: PRINCIP SKENERU SE ZÁKLADNOU - JEDNOKAMEROVÝ A DVOUKAMEROVÝ (ŠTRONER, 2008) | 40 |
| OBR. 25: LEICA SCANSTATION C10 A P20 (LEICA-GEOSYSTEMS.CO.UK, CITOVÁNO DNE 3.6.2017) | 41 |
| OBR. 26: RIEGL VZ-4000 (RIEGL.COM, CITOVÁNO DNE 9.4.2017)..... | 42 |
| OBR. 27: TRIMBLE TX8 (LASERSCANNING-EUROPE.COM, CITOVÁNO DNE 4.6.2017)..... | 43 |

| | |
|--|----|
| OBR. 28: FARO FOCUS3D (HTTP://WWW.LASERSCANNING-EUROPE.COM , ARCHIV FIRMY GEODIS, S.R.O.) | 43 |
| OBR. 29: SCHÉMA ROZDĚLENÍ A APLIKACÍ PRO POZEMNÍ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ (3D RISK MAPPING, 2008) ... | 44 |

Seznam tabulek a grafů

| | |
|--|----|
| TAB. 1: PŘEHLED VYBRANÝCH POZEMNÍCH LASEROVÝCH SKENERŮ (ARCHIV FIREM LEICA, TRIMBLE, RIEGL A FARO) | 41 |
| TAB. 2: SWOT ANALÝZA | 63 |
| TAB. 3: FÁZE PROJEKTU V ROCE 2019 (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ, 2018) | 71 |
| TAB. 4: ORGANIZAČNÍ ROLE TÝMU (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ, 2018) | 72 |
| TAB. 5: NÁVRH ROZPOČTU PRO R. 2019 V KČ NA ZÁKLADĚ PRŮZKUMU TRHU (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ, 2018) | 81 |
| TAB. 6: MZDOVÉ NÁKLADY NA ZAMĚSTNANCE V ROCE 2019 V KČ (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ, 2018) | 82 |
| TAB. 7: CELKOVÉ INVESTICE NA PROVOZ FIRMY PRO ROK 2019 V KČ (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ, 2018) | 82 |
| TAB. 8: CASH-FLOW ZA ROK 2020 (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ, 2018) | 83 |
| TAB. 9: CASH-FLOW ZA ROK 2021 (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ, 2018) | 83 |
| TAB. 10: ZHODNOCENÍ INVESTICE (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ, 2018) | 84 |
| | |
| GRAF 1: PŘEDPOKLÁDANÉ PŘÍJMY V MILIONECH KČ..... | 85 |
| GRAF 2: PLÁN PŘEDPOKLÁDANÝCH INVESTIC A PŘÍJMŮ VE STŘEDNĚDOBÉM OBDOBÍ V KČ..... | 85 |

Seznam zdrojů

- DOLANSKÝ, T. (2004): Lidary a letecké laserové skenování, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem, 100 str., ISBN 80-7044-575-0
- HISRICH, R. (1996): Založení a řízení nového podniku, Victoria Publishing, Praha, 501 str., ISBN 80-858-6507-6
- KAŠPAR, M.; POSPÍŠIL, J.; ŠTRONER, M.; KŘEMEN, T.; TEJKAL, M. (2003): Laserové skenovací systémy ve stavebnictví, Stavební fakulta ČVUT v Praze, Vega s.r.o., Hradec Králové, 108 str., ISBN 80-900860-3-9
- KOTLER, P. (2004): Marketing: teorie a praxe v informační společnosti, Grada, Praha, 855 str., ISBN 978-80-247-0513-2
- KOTLER, P. (2005): Principles of Marketing, 4th ed., Prentice Hall, 954 str., ISBN 02-736-8456-6
- LICHTI, D., PFEIFER, N. (2008): Introduction to Terrestrial Laser Scanning, ISPRS Beijing, 135 str.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. (2003): Remote sensing and image interpretation, 5th ed., Wiley, 820 str., ISBN 0-471-15227-7
- MILLS, J.; BARBER, D. (2011): 3D Laser Scanning for Heritage, 2. Vydání, English Heritage, 41 str.
- PAVELKA, K. (2006): Fotogrammetrie 20 (2006), Vydavatelství ČVUT, Praha, 193 str., ISBN 80-010-2762-7
- PŘIKRYLOVÁ, J. (2018), Moderní marketingová komunikace, Grada Publishing, Praha, 344 str., ISBN 978-80-271-0787-2
- SHARP, B. (2018), Jak se budují značky, Dobrovský, Praha, 241 str.; ISBN 978-80-7390-618-4
- SVOBODOVÁ, I., ANDERA, M. (2017), Od nápadu k podnikatelskému plánu, Grada Publishing, Praha, ISBN 978-80-271-0407-9

SYNEK, M. (2003): Manažerská ekonomika, Grada, Vyd. 3., Praha, 466 str., ISBN 80-247-0515-X

ŠTRONER, M., POSPÍŠIL, J. (2008): Terestrické skenovací systémy, Vyd. 1., České vysoké učení technické v Praze, Praha, 185 str., ISBN 978-80-01-04141-3

3D RiskMapping (2008): Theory and Practice on Terrestrial Laser Scanning, Version 4, Vlaams Leonardo da Vinci Agentschap v.z.w., 241 str.

Seznam internetových zdrojů

arcdata.cz, citace online dne 19.2.2017, stránky společnosti ARCDATA Praha, s.r.o., www.arcdata.cz

autodesk.com, citace online dne 9.4.2017, stránky společnosti Autodesk, www.autodesk.com

Čížek, cvut.cz, citace online dne 19.2.2017, Čížek, M. (2011): Zaměření hradu a vytvoření jeho 3D modelu, Diplomová práce ČVUT, Praha, 78 str., <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2011/martin-cizek-dp-2011.pdf>

exelisvis.com, citace online dne 8.1.2017, stránky společnosti Exelis Visual Information Solution, Inc., www.exelisvis.com

gefoss.cz, citace online dne 14.1.2017, stránky společnosti Gefoss, a.s., www.gefoss.cz

geodis.cz, citace online dne 15.1.2017, stránky společnosti GEODIS, s.r.o., www.geodis.cz

geotronics.cz, citace online dne 27.5.2017, stránky společnosti Geotronics Praha, s.r.o., www.geotronics.cz

gzcu.cz, citace online dne 18.2.2017, Fiala R. (2011): Laserové skenování - principy, http://www.gis.zcu.cz/projekty/Geomatika_multimedialne/FGM/fgm-lls-principy.pdf

la-ma.cz, citace online dne 8.4.2017, <http://www.la-ma.cz/?p=88>

laserscanning-europe.com, citace online dne 4.6.2017, www.laserscanning-europe.com

leica-geosystems.co.uk, citace online dne 3.6.2017, stránky společnosti Leica Geosystems, www.leica-geosystems.co.uk

management-consulting.cz, citace online dne 21.6.2017, <http://www.management-consulting.cz/cz/studie-proveditelnosti>

moderniobec.cz, citace online dne 21.6.2017, <http://moderniobec.cz/k-cemu-slouzi-studie-proveditelnosti/>

mobilmania.cz, citace online dne 4.6.2017, www.navigovat.mobilmania.cz

Pavelka, cvut.cz, citace online dne 17.4.2017, Pavelka, K.; Řezníček, J.; Faltýnová, M.; Pikhartová, L. (2010): Combining of aerial laser scanning data, terrestrial mobile scanner data and digital orthophoto, ČVUT, Praha, 6 str. <http://lfgm.fsv.cvut.cz/mdcr/publikace/2010/12.pdf>

Pikhartová, cvut.cz, citace online dne 17.4.2017, Pikhartová, L. (2010): Využití mobilního prostředku laserového skenování v projektu dokumentace D11, 6.2 Praktické aspekty geodézie a kartografie, JUNIORSTAV, 2010, 4str. <http://lfgm.fsv.cvut.cz/mdcr/publikace/2009/10.pdf>

riegl.com, citace online dne 9.4.2017, stránky společnosti RIEGL, www.riegl.com

solidvision.cz, citace online dne 19.2.2017, stránky společnosti SolidVision, s.r.o., www.solidvision.cz

upvision.cz, citace online dne 8.4.2017, stránky společnosti UPVISION, s.r.o., www.upvision.cz

vugtk.cz, citace online dne 19.5.2017, Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí, <https://www.vugtk.cz/slovník>

Přílohy

Příloha 1: Technická specifikace pozemních laserových skenovacích systémů

citace online dne 9.4.2017 3d-digital-heritage.arch.duth.gr/index_htm_files/long_range_scanners.pdf

Příloha 1: Technická specifikace pozemních laserových skenovacích systémů

| Manufacturer | Model | Accuracy | range (meters) | Measurement speed | Weight |
|-------------------------|-----------------------|--|---|---|--|
| FARO | Range Focus3D 120 | ±2mm at 10m and 25m, each at 90% and 10% reflectivity | 0.6m - 120m | 976,000 points/sec | 5.0kg |
| FARO | Range Focus3D 20 | ±2mm at 10m and 25m, each at 90% and 10% reflectivity | 0.6m - 20m | 976,000 points/sec | 5.0kg |
| Leica Geosystems | Leica ScanStation P20 | 3D Position Accuracy 3 mm at 50 m; 6 mm at 100 m | 0.1m – 120m | 1,000,000 points/sec | 11.9 kg |
| Leica Geosystems | Leica ScanStation C10 | Position: 6 mm Distance: 4mm At 1 m – 50 m range | 300 m @ 90%; 134 m @ 18% albedo (minimum range 0.1 m) | 50,000 points/sec | 13 kg |
| Leica Geosystems | Leica ScanStation C5 | Position: 6 mm Distance: 4mm At 1 m – 50 m range | Basic: 35 m @ ≥ 5% albedo Upgrade: 300 m @ 90% albedo, 134 m @ 18% albedo | Basic: 25,000 points/sec Upgrade: up to 50,000 points/sec | |
| Leica Geosystems | Leica HDS6200 | Position: 5 mm, 0.4 m to 25 m range; 9 mm to 50 m range Distance: ≤ 2 mm at 90% albedo up to 25 m; ≤ 3 mm at 18% albedo up to 25 m ≤ 3 mm at 90% albedo up to 50 m; ≤ 5 mm at 18% albedo up to 50 m | 79 m ambiguity interval 79 m @90%; 50 m @18% albedo | 1,016,727 points/sec | 14 kg |
| Leica Geosystems | HDS7000 | Angular accur. 125 µrad / 125 µrad (horizontal / vertical) Angular resol. 7 µrad / 7 µrad (horizontal / vertical) | 187 m ambiguity interval 0.3 m minimum range 0.1 mm resolution | 1,016,727 points / sec | 9.8 kg |
| Leica Geosystems | HDS8800 | Range** 10 mm to 200 m 20 mm to 1000 m Angle +/- 0.01 ° Repeatability** 8 mm | 2.5 m -2000 m 1400 m to 80 % albedo (rock) 500 m to 10 % albedo (coal) | 8,800 points / sec | 14 kg, without battery |
| Leica Geosystems | HDS8400 | Range accuracy 20mm Repeatability ±10mm | Minimum range** 2.5m Maximum range** 700m, reflectivity >80% (white paint, limestone) 500m, reflectivity >40% (iron ore, concrete) 250m, reflectivity >10% (coal, black paint) | 8,800 points / sec | 12.0kg, without battery |
| Topcon | GLS-1500 | Single Point AccuracyDistance: 0.16 in. at 500 ft. (4mm at 150m) | Maximum Range at specified reflectivity: 1100 ft. (330m) at 90%, 500 ft. (150m) at 18% | 30,000 points/sec | 16kg w/o on-board battery and tribrach |
| Maptek | I-Site 8810 | Range accuracy‡ 8mm Repeatability ±8mm | Minimum range 2.5m Maximum range‡ >2000m Up to 1400m, reflectivity >80% Up to 1000m, reflectivity >40% Up to 500m, reflectivity >10% | 8800 points / sec | 14kg, without battery |
| Maptek | I-Site 8400 | Range accuracy‡ 20mm Repeatability‡ ±10mm | Minimum range‡ 2.5m Operating range‡ 700m, reflectivity > 80% (white paint, limestone) 500m, reflectivity > 40% (iron ore, concrete) 250m, reflectivity > 10% (coal, black paint) Maximum range >1000m off retro reflectors | 8800 points / sec | 12kg, without battery |

| Manufacturer | Model | Accuracy | range (meters) | Measurement speed | Weight |
|--------------|-----------------------|---|--|--|---------|
| Z+F | IMAGER 5010C | Linearity error ≤ 1 mm Resolution range 0.1 mm Beam divergence < 0.3 mrad | Minimum distance: 0.3 m Range: 187.3 m (unambiguity interval) | 1.016 million pixel/sec | 9.8 kg |
| Z+F | IMAGER 5010 | Linearity error ≤ 1 mm Resolution range 0.1 mm Beam divergence < 0.3 mrad (fullangle) | Minimum distance 0.3 m Range 187.3 m (unambiguity interval) | 1.016 million pixel/sec | 9.8 kg |
| Z+F | IMAGER 5006h | Linearity error up to 50 m ≤ 1 mm Resolution range 0.1 mm Beam divergence 0.22 mrad | Min. range 0.4 m Range 79 m | 1,016,027 pixel / sec | 14 kg |
| Z+F | IMAGER 5006EX | Linearity error up to 50 m ≤ 1 mm Resolution range 0.1 mm | Min. range 0.4 m Range 79 m | 508,000 pixel / sec | 30.6 kg |
| Trimble | VX Spatial Station | Single 3D point accuracy: 10 mm @ ≤ 150 m Angle accuracy 1" (0.3 mgon) | from 1 m up to 250 m | up to 15 points/sec, typical 5 points/sec | 5.25 kg |
| Trimble | Trimble CX | Single point accuracy position = 4.5 mm @ 30 m; 7.3 mm @ 50m distance = 1.2 mm @ 30 m; 2 mm @ 50m | 80 m to 90% reflective surface 50 m to 18% reflective surface | 54,000 points / sec | 11.8 kg |
| Trimble | Trimble TX5 | Ranging error: ± 2 mm at 10 m and 25 m, each at 90% and 10% reflectivity | Range 0.6 m–120 m (indoor or outdoor with low ambient light and normal incidence to a 90% reflective surface) | 976,000 points / sec | 5.0kg |
| Trimble | Trimble FX 3D Scanner | Distance accuracy (std dev.). 0.6 mm @ 11 m; 0.8 mm @ 21 m Position accuracy. 0.4 mm @ 11m; 0.8 mm @ 21m; 2mm @ 50 m | 1-pass. up to 60 m (50% reflectivity); 35m (30% reflectivity) 2-pass. up to 80 m (50% reflectivity); 45m (30% reflectivity) | 216,000 points / sec | 11 kg |
| optech | ILRIS-3D | Raw range accuracy 7 mm @ 100 m Raw angular accuracy 8 mm @ 100 m (80 rad) | Minimum range 3m Range 80% reflectivity 1200 m Range 10% reflectivity 400 m | | 13 kg |
| optech | ILRIS-3D-ER | Raw range accuracy 7 mm @ 100 m Raw angular accuracy 8 mm @ 100 m (80 rad) | Minimum range 3m Range 80% reflectivity 1700 m Range 10% reflectivity 650 m | | 13 kg |
| optech | ILRIS-HD | Raw range accuracy 7 mm @ 100 m Raw angular accuracy 8 mm @ 100 m (80 rad) | Minimum range 3m Range 80% reflectivity 1250 m Range 10% reflectivity 400 m | | 14 kg |
| optech | ILRIS-HD-ER | Raw range accuracy 7 mm @ 100 m Raw angular accuracy 8 mm @ 100 m (80 rad) | Minimum range 3m Range 80% reflectivity 1800 m Range 10% reflectivity 650 m | | 14 kg |
| optech | ILRIS-LR | Raw range accuracy 7 mm @ 100 m Raw angular accuracy 8 mm @ 100 m (80 rad) | Minimum range 3m Range 80% reflectivity 3000 m Range 10% reflectivity 1330 m | | 14 kg |
| RIEGL | VZ-6000 | Accuracy 15 mm | Minimum range 5m Max. Measurement Range 6,000 m | 222,000 meas./sec | 14.5 kg |
| RIEGL | VZ-4000 | Accuracy 15 mm | Minimum range 5m Max. Measurement Range 4,000 m | 222 000 meas./sec | 14.5 kg |
| RIEGL | VZ-1000 | Accuracy 8 mm | Minimum range 2.5m Max. Measurement Range 1,400 m | 122 000 meas./sec | 9.8 kg |

| Manufacturer | Model | Accuracy | range (meters) | Measurement speed | Weight |
|---------------------|--------------|-----------------|--|--------------------------|---------------|
| RIEGL | VZ-400 | Accuracy 5 mm | Minimum range 1,5m Max. Measurement Range 600 m | 122 000 meas./sec | 9,6 kg |
| RIEGL | LPM-321 | Accuracy 25 mm | Minimum range 10m Max. Measurement Range 6000 m | 1000 points/sec | 16kg |