



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**POROVNÁNÍ PRÁCE GEODETA V NORSKU A
V ČESKÉ REPUBLICE**

COMPARISON OF SURVEYORS WORK IN NORWAY AND IN CZECH REPUBLIC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Matej Kofira

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RADOVAN MACHOTKA, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Matej Kofira
Název	Porovnání práce geodeta v Norsku a v České republice
Vedoucí práce	doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Normy, metodiky a další odborná literatura týkající se provádění geodetických prací u nás a v Norsku.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Na základě vlastní pracovní zkušenosti popište práci geodeta v Norsku a porovnejte ji s prováděním obdobných prací u nás. Popište a porovnejte alespoň tři různé typy geodetických činností ať už z oblasti inženýrské geodézie či z oblastí jiných.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cieľom diplomovej práce je porovnanie práce geodeta v Nórsku a Českej republike. Obsahom práce je komplexné porovnanie situácie a získanie čo najobjektívnejšieho pohľadu na danú problematiku. Výsledný záver práce vyvodzujem na základe historického vývoja a súčasnej situácie v rezorte, praktických skúseností získaných na pracovnej stáži ERASMUS+ a v neposlednom rade na základe dotazníkového prieskumu.

KLÍČOVÁ SLOVA

História geodézie v Nórsku, história geodézie v Českej republike, súčasnosť geodézie v Nórsku, súčasnosť geodézie v Českej republike, GNSS, vytyčovací sieť, laserové skenovanie

ABSTRACT

My diploma thesis compares surveyor's work in Norway and Czech Republic. The aim of the diploma thesis is to create complex view about situation and be objective as much as possible. The final result is deducated from the historical aspects, the current situation in surveying, practical skill I have learned in Norway during summer ERASMUS+ traineeship and the questionnaire survey.

KEYWORDS

History of surveying in Norway, History of surveying in Czech Republic, current situation in surveying in Norway and Czech Republic, GNSS, Laserscannign

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Matej Kofira *Porovnání práce geodeta v Norsku a v České republice*. Brno, 2018. 108 s., 6 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2018

Bc. Matej Kofira
autor práce

POĎAKOVANIE

Chcem poďakovať vedúcemu práce doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D. za spoločné vymyslenie zadania diplomovej práce, ďalej ďakujem firme Exact Geo Survey a.s., ktorá mi umožnila účasť na pracovnej stáži. Takisto ďakujem za podporu môjmu konzultantovi Jiřímu Pékovi, zamestnancovi firmy Exact, ktorý mi bol nápomocný k napísaniu práce. V neposlednom rade ďakujem za podporu svojej rodine, kamarátom a hlavne slečne Dorote Mišíkovej.

Obsah

Úvod	10
1 História geodézie	11
1.1 Nórsko	11
1.1.1 Úvod do histórie.....	11
1.1.2 Vývoj polohových základov	12
1.1.3 Vývoj výškových systémov	17
1.1.4 Mapovanie územia a kartografické diela	18
1.2 Česká republika	23
1.2.1 Úvod do histórie.....	23
1.2.2 Budovanie polohových základov.....	25
1.2.3 Budovanie výškových systémov	31
1.2.4 Mapovanie a kartografické diela.....	31
1.3 Porovnanie vývoja geodézie v Nórsku a Českej republike	37
2 Súčasnosť'	40
2.1 Súradnicové referenčné systémy	40
2.1.1 Nórsko	40
2.1.2 Česká republika	47
2.2 Bodové polia a geodetické siete	53
2.2.1 Nórsko	53
2.2.2 Česká republika	54
2.3 Správa geodézie	56
2.3.1 Nórsko	56
2.3.2 Česká republika	57
2.4 Porovnanie situácie v Nórsku a v Českej republike.....	60
3 Projekt č.1 – zameranie účelovej geodetickej siete GNSS statickou metódou	62
3.1 GNSS.....	62
3.1.1 GPS	63
3.1.2 GLONASS	64
3.1.3 Metódy určovania polohy	65
3.1.3 Systematické vplyvy pri GNSS meraní.....	67
3.2 Česká republika	69
3.2.1 Príklady praktického prístupu v ČR	70
3.3 Meranie - Nórsko	72

3.3.1 Zadanie projektu	72
3.3.2 Príprava- školenie.....	72
3.3.3 Stručná charakteristika prístrojov a pomôcok	73
3.3.4 Postup realizácie projektu.....	75
3.3.5 Výpočet vektorov a vyrovnanie siete	81
3.4 Porovnanie Nórsko- Česká republika	83
4 Projekt č.2 – aktualizovanie skutočného zamerania stavby tunelu.....	85
4.1 Laserscaning	85
4.2 Laserscaning v ČR	87
4.3 Meranie – Nórsko.....	90
4.3.1 Stručná charakteristika prístrojov a pomôcok	90
4.3.2 Postup merania	92
4.4 Porovnanie ČR a Nórsko.....	96
5 Dotazníkový výskum.....	98
5.1 Úvodné informácie.....	98
5.2 Skúsenosti a motivácia pre prácu v Škandinávií – vyhodnotenie	99
5.3 Záver vyhodnotenia dotazníkového prieskumu.....	101
Záver	102

Úvod

Touto diplomovou prácou sa snažím pojednať o celkovej situácii geodézie v Nórsku a v Českej republike a následne uskutočniť ich porovnanie. Prácu vyhotovujem najmä na základe účasti na pracovnej stáži prostredníctvom školského projektu ERASMUS+. Pracovná stáž prebiehala v Nórsku o od 1.6.2017 do 30.9.2017 v medzinárodnej geodetickej firme Exact Geo Survey a.s. Firma vznikla spojením viacerých národných pobočiek v Nórsku, Švédsku, Fínsku, Estónsku a pobočky v Prahe, cez ktorú som sa stáže účastnil.

Pracovná stáž pozostávala z množstva projektov, z ktorých som pre účely diplomovej práce vybral dva. Celkovo som sa podieľal na piatich projektoch, okrem zadania spomenutých v obsahu práce som participoval na projekte - geodetické práce pri výstavbe líniových stavieb – vytyčovanie stavebných konštrukcií, základov, ich dokumentácia. Ďalej na projekte dokumentácie historickej stavby pre potreby architekta a v neposlednom rade na výškovom monitoringu poklesu stavby v Osle. Nadobudnuté skúsenosti som zohľadňoval pri vypracovaní záverečných porovnaní k jednotlivým kapitolám práce.

Samotnú diplomovú prácu rozdelím na tri časti. V prvej porovnávam situáciu v Nórsku a Česku na základe znalostí nadobudnutými najmä štúdiom publikácií a iných zdrojov. Porovnávam historický vývoj a následné súčasnú situáciu na úseku geodézie a kartografie.

Druhá časť je zloženia z popisu praktických projektov, na ktorých som sa počas stáže účastnil a ich porovnaní s podobne zameranými projektmi uskutočnenými v Českej republike.

V záverečnej časti som realizoval dotazníkové meranie, ktorým som sa pokúsil podložiť svoje tvrdenia a názory, ktoré prezentujem v jednotlivých porovnaniach a záverečnom výslednom porovnaní.

1 História geodézie

1.1 Nórsko

1.1.1 Úvod do histórie

Územie Nórska je zobrazované na mapách už od 15. storočia. Tieto mapy boli dielom kartografov zo zahraničia a vždy zobrazovali len určitú časť nórskeho územia. Prvú mapu zobrazujúcu Nórsko ako celok vydali vo Francúzskej verejnej tlači v miniatúrnej podobe 12,2 x 8,5 cm. Vytvorená bola holandským kartografom Corneilisom Cleaszom (1551 - 1610). [1]

Významným menom v histórii nórskej kartografie bol teológ Melchior Ramus. V roku 1688 navrhol vtedajšiemu dánskemu kráľovi Christianovi V., že vytvorí novú komplexnú mapu nórskeho územia. Kráľ mu vyhovel, Ramus obdržal kráľovské povolenie a teda získal úlohu pracovať na novej mape Nórska. Avšak už po štyroch rokoch od započatia práce zomrel a mapu musel dokončiť jeho mladší brat Joachim Frederic Ramus. [1]

Prvé kartografické dielo zobrazujúce celé územie Nórska, ktoré bolo vytvorené nórsym kartografom, vzniklo až v roku 1761. Mapa niesla názov „Kongeriget Norge“ (Nórske kráľovstvo) a autorom bol nórsky kartograf a poručík vo vojenskom delostreleckom pluku Ove Andreas Wangensteen. [1]



Obr. 1- Wangensteenova mapa Nórska [1]

Na začiatku 18. storočia v Škandinávii prebiehala tzv. severná vojna, ktorá sa dotkla aj nórskeho územia. Na jednej strane konfliktu stálo Dánske kráľovstvo, pod

ktorého nadvládou boli mnoho severné zeme vrátane Nórska, a na strane druhej Švédske kráľovstvo. Vojna bola ukončená v roku 1720 a miesto Nórska pod Dánskou nadvládou sa utvrdilo na ďalších takmer 100 rokov. Medzi Nórskom a Švédskom ale naďalej prebiehali spory o vzájomné hranice. Až v roku 1734 sa podarilo podpísať alianciu, ktorá po viac ako 400-rokoch ukončila vzájomný konflikt. V rámci tejto dohody bolo aj určenie spornej vzájomnej hranice. Okolo roku 1740 zisťovala stanovená komisia priebeh hraníc prostredníctvom rozhovorov s obyvateľmi prihraničných oblastí (kam obyvatelia chodia do kostola, komu platia dane). Situácia sa zmenila, keď sa v roku 1772 dostal na trón a nový švédsky kráľ Gustav III., ktorý sa prezentoval veľkými ambíciami v oblasti zahraničnej politiky. Dánsko-nórsky kráľ teda urýchlene potreboval podrobné mapy hraničných oblastí spolu s príslušným tematickým obsahom. Na jeho poverenie v roku 1773 Heinrich Wilhelm von Huth, vtedajší vojenský generál, založil „Norges Geografiske Oppmåling“ (ďalej len NGO). NGO bola vojenská a technická organizácia, ktorá pretrvala do súčasnosti, avšak pod súčasným názvom „Kartverket“ (Nórsky mapový úrad). Radí sa tak medzi najstaršie technické organizácie v Nórsku, ktoré sú stále funkčné. [1]

1.1.2 Vývoj polohových základov

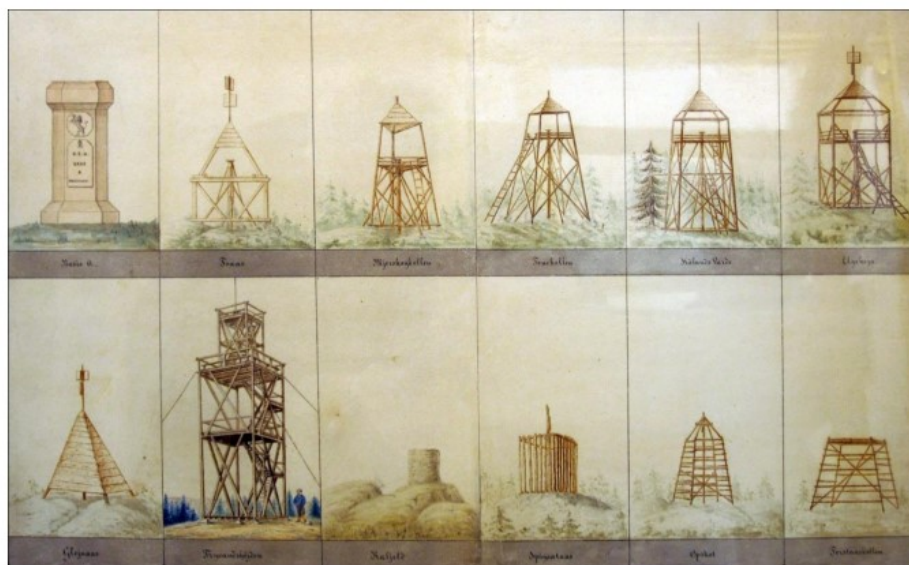
Počiatok modernej geodézie Nórska je ale možné datovať až od roku 1778, keď NGO vyslalo poverených odborníkov do Kodane, kde sa pod vedením profesora Thomasa Buggeho venovali metodike astronomického a trigonometrického merania. [2]

Po návrate prvých odborníkov sa v roku 1779 začala tvorba novej trigonometrickej siete na území Nórska, ktorá mala byť základom pre ďalšie podrobné mapovanie. Rozmer a umiestnenie siete boli vypočítané z terestrických a astronomických meraní. Východiskovým bodom bola pevnosť Kongsvinger (jej vlajková tyč) a ostatné trigonometrické body boli stabilizované na vrcholoch hôr, a iných významných miestach s ohľadom vzhľadom k ich viditeľnosti na dlhú vzdialenosť. Merania trvali 25 rokov, začínalo sa na severe Nórska (Halden) a pokračovalo sa na juh pozdĺž západného pobrežia. Výsledky meraní hraníc so Švédskom ostali utajené, ale ostatné meranie slúžilo pre civilný sektor. Výsledky mapovania pobrežia boli dôležité taktiež pre tvorbu námorných máp tvoriacich základ pre námornú navigáciu ďalších viac ako 100 rokov. [2]

V roku 1814 NGO úzko spolupracoval s Univerzitou v Osle a jej profesorom Christopherom Hansteenom. Na jeho odporúčanie sa rozhodlo, že univerzitným observatóriám bude zapožičaná moderná prístrojová technika. Cieľom bola kontrola astronomických meraní triangulácie z rokov 1779-1805. V roku 1817 sa Hansteen následne stal riaditeľom zemepisného oddelenia organizácie a v roku 1832 riaditeľom celej NGO. [2]

Hansteen odhalil veľké nedostatky vo výsledkoch starých meraní. Vďaka dobrým vzťahom s kráľovským dvorom dostal povolenie na financovanie moderných

zariadení ako pre univerzitu, tak aj pre NGO. Pomocou Reichenbachovho repetičného teodolitu určil zemepisnú šírku bodu na observatórii v Osle na $\pm 1,6''$. Po ďalších spresňujúcich meraniach a publikovaní dizertačnej práce Hansteena a jeho žiaka (1849) získalo Nórsko nultý poludník prechádzajúci týmto bodom, ktorý sa stal základom pre geodetické merania na najbližších 100 rokov. [2]



Obr. 2 - Ukážka stabilizácie trigonometrických bodov okolo roku 1860 [1]

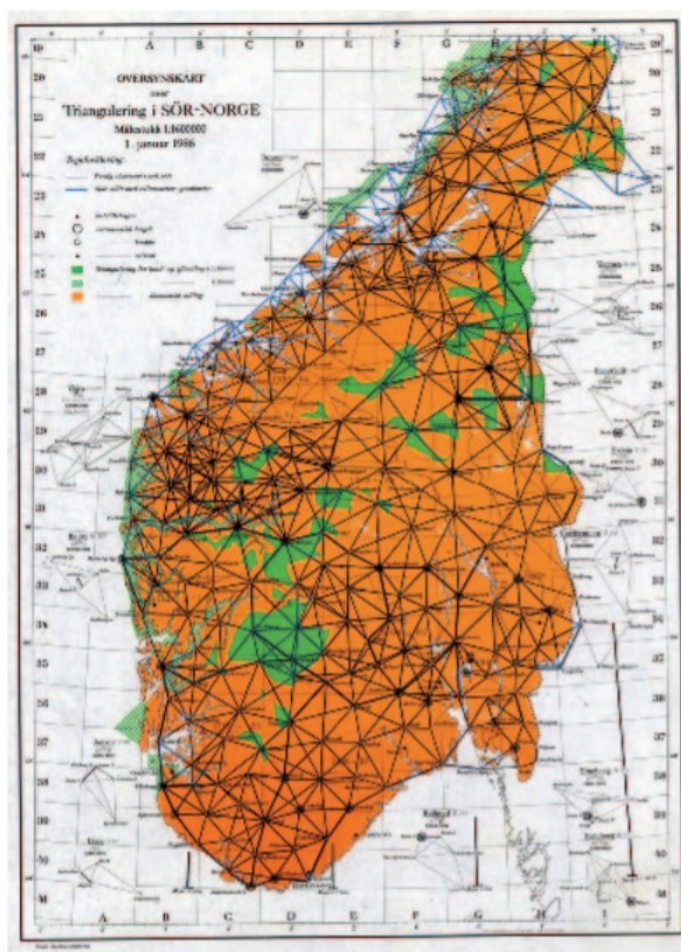
V priebehu 19. storočia vznikala čoraz väčšia požiadavka na určenie presných rozmerov zemského telesa, resp. jej náhradných telies. Nórsko uskutočnilo v spolupráci s Ruskom stupňové meranie v rokoch 1816–1855 na trase od mesta Staro-Nekrasovka (Ukrajina), až po najsevernejší bod Fuglenes, neďaleko od letiska v Hammerfaste. Meranie bolo založené na princípe triangulačnej siete a prebiehalo po častiach v režii jednotlivých účastníkov projektu. Sieť vznikla z 258 trojuholníkov tvorených 265 bodmi, pričom 34 z týchto bodov je zapísaných v UNESCO. Projekt viedol ruský matematik a astronóm Vasilij Jakovlevič Struve (1793-1864) pôvodom v Dánska, v tom čase riaditeľ hvezdárne v Pulkove. Význam tohto monumentálneho diela môžeme vidieť či už v rozšírení ľudského poznania v rámci spresnenia rozmeru našej planéty, ale takisto ide o prvý výrazný príklad spolupráce zememeračov na medzinárodnej úrovni (Nórsko- Hansteen, Švédsko, Rusko). [3]



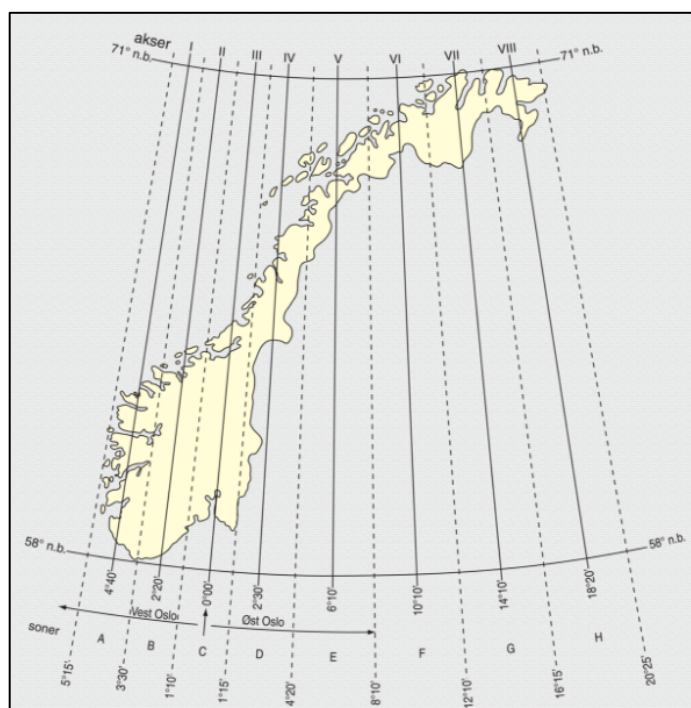
Obr. 3 - Schéma Struveho stupňového merania a trangulačnej siete [3]

NGO 1948

Aj vďaka presným meraniam za vedeckými účelmi (stupňové meranie) malo Nórsko sieť bodov s veľmi vysokou kvalitou, preto v roku 1906 NGO pristúpilo k reorganizácii siete. Existujúcich 450 trigonometrických bodov prvého rádu slúžilo ako základ pre 50 000 nových trigonometrických bodov nižšej kvality. Body v sieti prvého rádu tvorili trojuholníky s dĺžkou strany 30-50 km (obr.4). Trigonometrická sieť bola orientovaná pomocou astronomických meraní. Na tejto sieti bola vytvorená sieť druhého rádu o dĺžke strán 10km. Posledným rozšírením trigonometrickej siete boli body s dĺžkami strán 2-5 km. V roku 1948 NGO rozhodlo o zhotovení súradnicového systému pre južnú časť Nórska. Kartografickým zobrazením trigonometrickej siete do roviny Gauss-Krügerovým valcovým zobrazením a rozdelením územia na 8 poludníkových pásov vznikol súradnicový referenčný systém NGO1948, ktorý bol používaný na väčšine územia až do zavedenia EUREF89. [2]



Obr. 4 - Schéma triangulácie južnej časti Nórska [2]



Obr. 5- Gauss-Krügerovo zobrazenie (NGO 1948) [4]

V roku 1958 získalo NGO prvé tellurometry a od roku 1962 sa používali na meranie dĺžok medzi bodmi trigonometrickej siete prvého rádu. Nórsko sa tak stalo jedným z prvých štátov, kde bola použitá metóda trilaterácie (triangulácia- meranie uhlov trojuholníku, trilaterácia- meranie dĺžok v trojuholníku). Metódou trilaterácie bola vytvorená sieť triangulačných bodov prvého rádu pre ostatné časti Nórska a doplnené niektoré „slabé strany“ už existujúcej siete. [2]



Obr. 6 –Prehľad postupného rozširovania siete trigonometrických bodov 1. rádu [1]

Nástupom satelitných technológií pristúpilo NGO v roku 1975 k premeriavaniu trigonometrických bodov prvého rádu a pokračovalo tak v ďalších 13 sezónach. Takisto pristúpilo k spresneniu polohy ostrovov patriacich Nórsku (Jan Mayen a Svalbardské ostrovy), kde boli doposiaľ vykonávané len astronomické merania. NGO v roku 1986 pripojilo pod svoju správu Úrad pre námorné mapy „Sjøkartverket“. Ich spoločné zoskupenie nesie názov Nórsky mapový úrad „Kartverket“ (angl. Norwegian Mapping Authority). [2]

ED 50

V 50-tych rokoch 20. storočia sa na pokyny NATO začalo používanie súradnicového referenčného rámca ED50 na vojenské účely. Civilný sektor ostal pri používaní NGO 1948. [2]

V roku 1993 Kartverket rozhodol o zavedení nového referenčného súradnicového systému EUREF89 záväzného pre celé Nórsko. Bolo uskutočnené zameranie základnej kostry novej bodovej siete (realizácia EUREF) 113 bodmi a následné vytvorenie základnej siete. Vznikla tak sieť, ktorá sa radila medzi prvé siete vytvorené GNSS technológiou v Európe s vysokou presnosťou. (vzdialenosť medzi Nordkappom a Lindesnes bola stanovená s presnosťou 1 cm). V rokoch 1994-1997 bola na základe predchádzajúceho GNSS merania budovaná nová základná bodová sieť „Stamnett“ a zhusťujúca sieť „Landsnett“. „Stamnett“ pozostávala z 817 bodov vzdialených cca 20 km od seba. „Landsnett“ tvorilo cca 11 000 bodov vzdialených približne 5 km od seba navzájom, spolu tak tvorili sieť 12 000 bodov. V ďalších dvadsiatich rokoch Kartverket pokračoval v stavbe permanentných staníc GNSS, ktorých služby sa čím ďalej, tým viac využívajú v odbore geodézie, stavebníctva a iných (viac v kapitole 2.2.2). [4]

ITRS (Internation Terrestrial Reference System)

Nórsky úrad Kartverket sa takisto zapojil do merania medzinárodného terestrického referenčného systému, prevádzkovaním GPS referenčných staníc, ale najmä vybudovaním VLBI stanice. Učinila tak v roku 1994 v úzkej spolupráci s NASA na ostrove Svalbard (Špicbergu) v Ny-Ålesund. [4]

1.1.3 Vývoj výškových systémov

Do roku 1820 sa v archívoch NGO dalo nájsť len málo výškových údajov, išlo predovšetkým o relatívne výšky (výška hôr od upätia). Keďže vzrastala požiadavka na výškové údaje, v roku 1826 NGO začalo s meraním výšok barometrickou metódou. [2]

V roku 1864 sa na odbornej konferencii v Berlíne rozhodlo, že každý štát by mal vytvoriť vlastný výškový systém založený na nivelačnom meraní. Výšky by mali byť určované od základného nulového bodu (tj. bodu odvíjajúceho sa od merania určenej strednej hladiny mora). NGO na základe dohodnutého postupu vybudovalo viaceré mareografy na pobreží Nórska. [1] [2]

Po dlhoročných meraniach bol v roku 1890 stabilizovaný základný nulový bod na budove NGO v Osle (vtedajšia Christiania). Bodové pole vznikalo v okolí ciest a železničných tratí. Body sa stabilizovali približne každé tri kilometre a začiatkom 20. storočia sa stabilizovali už v rozmedzí jedného kilometra. Body boli umiestňované predovšetkým na veľkých, pevne stojacich skalách, alebo boli osádzané kamenné hranoly do pôdy, resp. umiestňované nivelačné značky na mostoch, zvislých kamenných stenách atď. [1] [2]

Po desaťročiach registrácie hodnôt mareografmi bol zistený zásadný trend zdvíhania pevninskej časti Nórska (Oslo až 4 mm ročne) (viac v kapitole 2.1). Tento fakt podmienil rozhodnutie v roku 1954 o založení nového výškového systému NN1954 s hlavným bodom v meste Tregde na juhu Nórska. Bod bol zvolený pre najmenšiu ročnú zmenu výšky okolí mesta Tregde a jeho výška bola zistená z meraní mareografu v rokoch 1928-1950. [1] [2]

Keďže územie Nórska je rozľahlé, pre sever územia bol zvolený základný výškový bod, ktorý vychádzal z hladiny mareografu v Narviku a výškový systém bol pomenovaný ako „Nord-Norsk Null 1957“ (ďalej len NNN1957). V roku 1974 boli tieto dva systémy spojené a ich rozdiel bol s prekvapením určený len na 28mm. Od roku 1996 sú vedené pod jedným názvom NN1954. Okolo roku 1980 bola Nórska výšková sieť pripojená do Jednotnej európskej nivelačnej siete (ďalej len UELN). [1] [2]

Nástupom družicovej technológie a uvoľnením politickej situácie v Európe sa v roku 1997 mohlo uskutočniť meranie v tridsiatich štátoch Európy za účelom jednotného výškového systému. Takto bolo prepojených približne 50 mareografov pozdĺž Barensovho mora, Severného mora, Baltského mora a Atlantického oceánu. Následné spoločné nordic-baltské vyrovnanie je základom pre výškové systémy severských krajín. Novo zavádzaný výškový systém je spoločný pre všetky severské krajiny, avšak každý štát má pre tento výškový systém iný názov. V Nórsku sa systém nazýva NN2000, v Švédsku RH2000 a vo Fínsku N2000. [1] [4]

Rozsiahly program gravimetrických meraní na celom území Nórska začal v roku 1969 pod vedením NGO. Gravimetrické merania prebiehali zväčša na trigonometrických bodoch maximálne 10 km vzdialených od seba navzájom. [1]

1.1.4 Mapovanie územia a kartografické diela

V začiatkoch NGO produkciu máp nezakladalo na žiadnej trigonometrickej sieti a mapovacie techniky boli jednoduché (metóda meracieho stola). Ako prvé vznikali tzv. „portefóliherkart“ a mapy obsahovali 3 zložky. Náčrt, špeciálnu mapu (približná mierka 1:86 400) a situačnú mapu (približne 1:10 000). [1]

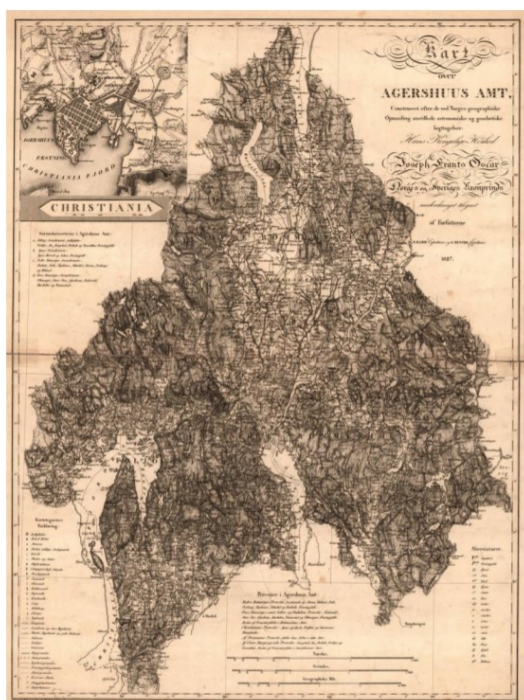
Trianguláciou bola získaná sieť bodov, ktoré zaručovali náväznosť jednotlivých mapových listov, čo bolo základným faktom pre tvorbu ďalších zložitejších kartografických diel. Prvé mapy, tvorené využitím trigonometrickej siete, boli v mierke 1:10 000. Keďže pokrytie územia takýmito mapami bolo neekonomické (vyžadovalo vyše 30 000 mapových listov) pristúpilo sa od roku 1817 k mapovaniu vo väčších mierkach. [1]

V roku 1805 začalo prvé katastrálne mapovanie, keďže do tej doby sa viedli informácie o vlastníctve len v písomnej podobe. Zámerom bolo zmapovať územie Nórska v mierke 1:10 000 zaznamenať aktuálne vlastnícke hranice a vypočítať výmery pozemkov. Tento zámer sa však nepodarilo naplniť, keď po odpojení Nórska z pod Dánskej monarchie boli ukončené meračské práce z dôvodu nedostatku financií a taktiež nesúhlasu verejnosti s meraním vlastníckych hraníc (považovali to za zásah do súkromia). [5]



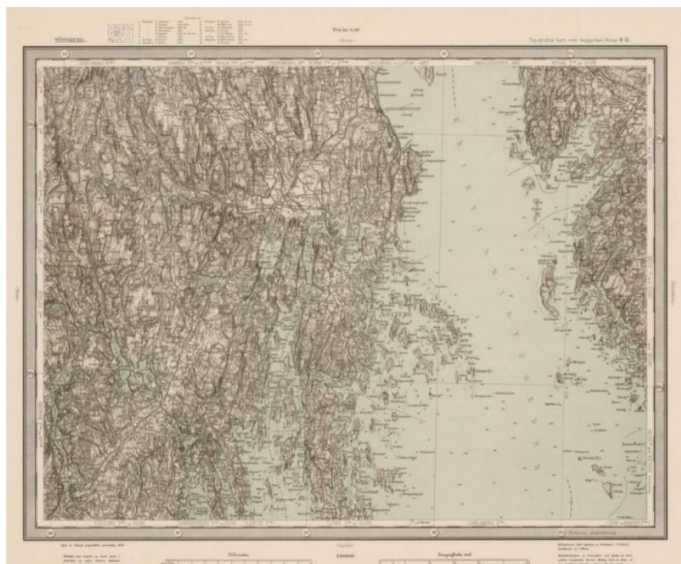
Obr. 7- Výrez mapy 1. katastrálneho mapovanie (Økonomisk kartverk 1805-1818) [5]

Prvým tlačeným kartografickým dielom v Nórsku boli tzv. mapy „Amtskart“ (krajské mapy, z dánskeho amts - kraj). Boli vydávané od roku 1826 až do roku 1917 v mierke 1:200 000.



Obr. 8 - Ukážka – Amtskart (1823-1917) [1]

V roku 1867 začalo národné mapovanie južného Nórska v mierke 1:100 000. Názov mapy bol „rektangelkart“ (obdĺžniková mapa). Mapové rámy vymedzovali územie v tvare obdĺžnika o rozmeroch 40x30 km v smere východ-západ a sever-juh. Tieto mapy boli tvorené až do začiatku 20. storočia, pričom sa zmapovalo približne 10% plánovaného územia. [1]



Obr. 9- Ukážka – Regtangelkart [1]

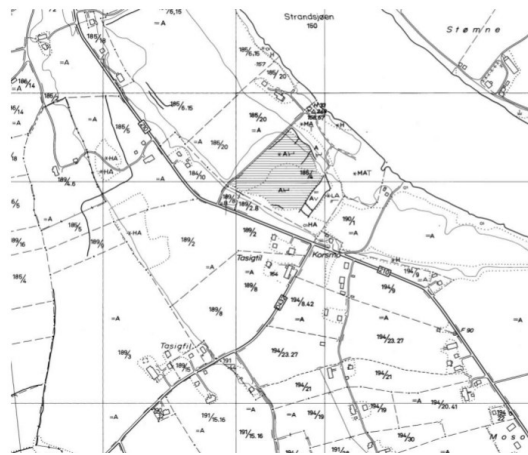
Mapovanie severnej časti Nórska začalo v roku 1891. Mapový rám bol vymedzený poludníkmi a rovnobežkami zemepisnej siete, a preto sa mapy nazývali „gradteigskart“ (stupňové mapy). Mapy sú zobrazované v mierke 1:100 000. Toto zobrazovanie sa osvedčilo a postupne sa pristúpilo aj k tvorbe máp južného Nórska. Táto rada máp bola aktualizovaná v roku 1970 pokrývala 80% územia. [1]



Obr. 10 - Ukážka gradteigskart [1]

Od roku 1952 na pokyn NATO začala tvorba vojenskej mapovej rady M711, ktoré neskôr slúžili aj na civilné účely. Ako kartografické zobrazenie máp podľa nariadení NATO bolo použité UTM a súradnicový systém European Date 1950 (ED50). NGO sa pustilo do projektu s veľkým úsilím a do roku 1988 bolo vytvorených 727 mapových listov, ktoré pokrývali celé územie Nórska. Prvýkrát tak od založenia NGO pokrývalo územie Nórska jeden ucelený súbor mapových listov. Mapy vznikali v mierkach v rozmedzí 1:25 000 až 1:250 000. [1]

Katastrálne (ekonomické) mapovanie „Økonomisk kartverk“ bolo opäť spustené v roku 1960 a trvalo až do začiatku 21. storočia. Úspech mapovania zabezpečila letecká fotogrametrická metóda, vďaka ktorej bolo možné mapovať odľahlé územia (mimo miest) za prijateľný čas. Vznikali mapy v mierke 1:5 000 prípadne 1:10 000, pričom presnosť určenia hraníc bola +/- 2 m (1:10 000 s presnosťou +/- 4m). [5]



Obr. 11 Výrez z mapy katastrálneho mapovania (1960-2002) [5]

Novo vznikajúce vojenské mapy vzbudzovali veľký záujem u verejnosti, čo nakoniec viedlo k uvoľneniu mapového obsahu pre civilné účely. NGO začalo s tvorbou máp na podklade vojenských sprístupnených máp v roku 1968, obsah bol zjednodušený a mapa vznikala v UTM štvorcovej sieti. Projekt bol ukončený v roku 1983. Následne sa začalo so skenovaním a budovaním raných geodatabáz (registrácia obcí). Databáza názvov bola dokončená v roku 1991. [6]

Moderná kartografia získala dva trendy, trend systematickej revízie máp a ich digitalizácie. [6]

V r. 1990 bolo rozhodnuté o používaní systému WGS84, pričom všetky série boli zmenené na nový súradnicový systém do roku 1996. [6]

Do roku 2000 bola vyhotovená prvá verzia mapovej báze N50. N50 je celoštátny súbor mapových dát vo vektorovom formáte. Správa geodatabázy prebieha v pravidelných aktualizáciách. [6]



Obr. 12 - Ukážka vektorovej mapy N50kartografickej databáze [6]

Ozbrojené sily vlastnili takisto rozširujúcu námornú mapu tzv. (kombi-map M711LW). Vďaka veľkému záujmu civilného sektoru bol aj tento mapový obsah v roku 2005 uvoľnený a podstatne tak rozšíril vtedajšie civilné námorné mapy.



Obr. 13- Ukážka námornej mapy (sjøkart) [6]

1.2 Česká republika

1.2.1 Úvod do histórie

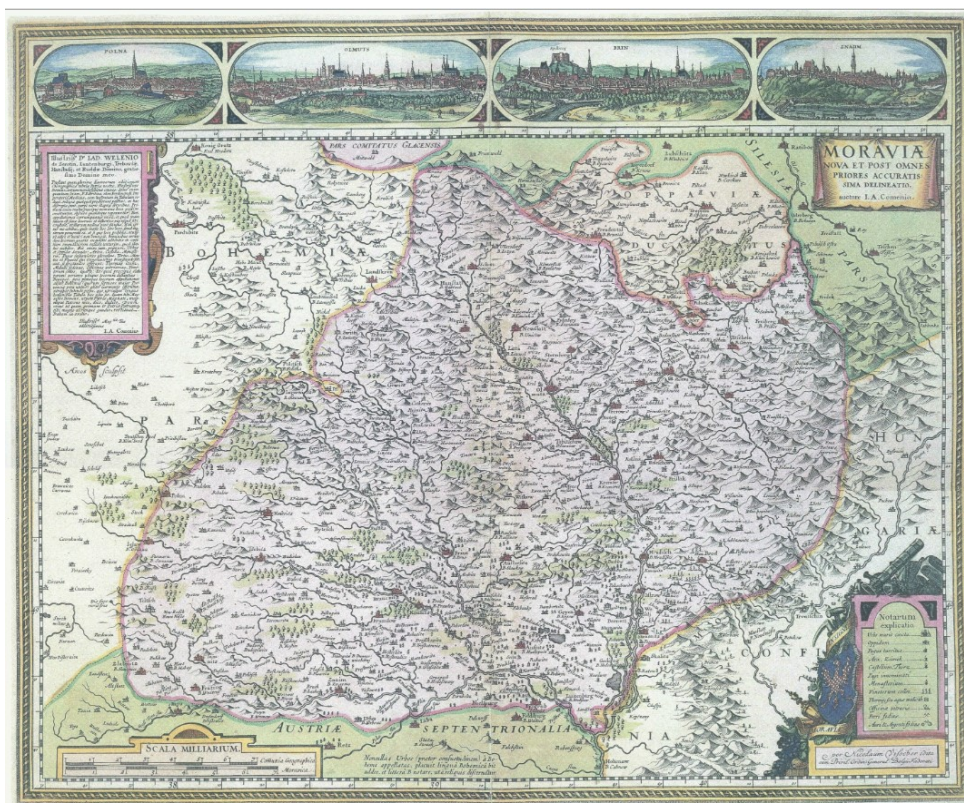
Mapy historických a súčasných českým zemí, tzn. Čiech, Moravy a českej časti Sliezka, vznikali ako súčasť stredoeurópskeho priestoru už pravdepodobne na počiatku 2. tisícročia. Kartografické diela, ktoré zobrazujú výhradne len tieto časti, sa objavili až v priebehu 16. a 17. storočia ako diela jednotlivých kartografov, ktorý vychádzali zo starších mapových zdrojov. [7]

Rada dochovaných samostatných máp Čiech je reprezentovaná predovšetkým Klaudyánovou mapou Čiech z roku 1518, ktorá bola vytlačená aj v preslávenej Münstrovej Kozmografií. Ďalším súhrnným kartografickým dielom zobrazujúcim Čechy je mapa Johanna Crigingera z roku 1568, ktorá, na rozdiel od Klaudyánovej mapy, zobrazuje výskopis podrobnejšie (kopečková metóda). V nasledujúcich rokoch vyšli ešte ďalšie mapy zobrazujúce územie Čiech, a to Aritinova mapa 1619, Stichova mapa 1676 a Vogtova mapa 1712. [7]



Obr. 14- Výrez Klaudyánovej mapy z roku 1518

Najstaršou dochovanou mapou Moravy je mapa matematika a osobného lekára cisára Rudolfa II. Pavla Fabricia (1569), ktorá okrem Moravy zobrazuje aj časť dolného vtedajšieho Rakúska. Najznámejšou a najčastejšie publikovanou mapou Moravy je mapa významného pedagóga Jana Amosa Komenského, ktorá bola prvýkrát zverejnená v roku 1624 v Amsterdame. [8]



Obr. 15 - Komenského mapa Moravy z roku 1680 podľa rytiny z roku 1627[11]

Autorom prvej dochovanej mapy českej aj poľskej časti Sliezka bol rektor cirkevnej školy v poľskom meste Wroclaw Martin Helwig. [7]



Obr. 16- Helwigova mapa Sliezka (1655) [11]

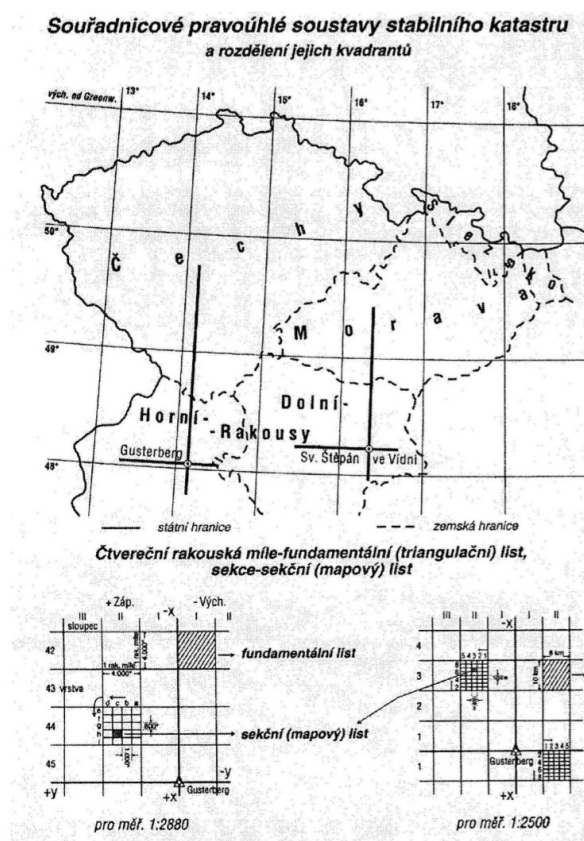
1.2.2 Budovanie polohových základov

Československé geodetické polohové základy boli budované v siedmich historických etapách:

1. Katastrálna triangulácia 1821-64
2. Vojenská triangulácia 1862-1898
3. Československá Jednotná trigonometrická sieť katastrální (S-JTSK)
4. Súradnicový systém 1952 (S-52)
5. Súradnicový systém 1942 (S-42)
6. Súradnicový systém 1942/83 (S-42/83)
7. EUREF

Katastrálna triangulácia 1821-1864

Katastrálna triangulácia prebiehala na území bývalej Rakúsko-Uhorskej monarchie. Počas nej bolo pokryté územie súvislou trigonometrickou sieťou I. rádu ako časť katastrálnej triangulácie, uskutočňovanej až do roku 1864 pre mapovanie stabilného katastru v mierke 1:2880. Sieť bola budovaná bez riadeného plánu, často neboli rozlišované body rôzneho rádu a sieť nebola vyrovnaná ako celok. Body boli stabilizované drevenými kolmi, ktoré boli nahradené kameňmi niekedy až po dvadsiatich rokoch. Aby nedošlo k príliš veľkým deformáciám dĺžok a plôch, bola monarchia rozdelená na viac poludníkových pásov so samostatnými súradnicovými sústavami v Cassiniho zobrazení. Osa X bola vždy položená do poludníku, ktorý prechádzal význačným trigonometrickým bodom I. rádu, vid'. obr. (17) [7]



Obr. 17 Súradnice stabilného katastru [12]

Vojenská triangulácia 1862-1898

Pomerne presná trigonometrická sieť I. rádu bola vyhotovená Vojenským zemepisným ústavom vo Viedni na území bývalého Rakúsko-Uhorska. Avšak, aj keď sa jednalo o celoplošnú sieť, mala na Morave (a obzvlášť na Slovensku) veľké medzery. Časť triangulácie bola súčasťou stredoeurópskeho stupňového merania. Práce boli riadené Stálou komisiou stredoeurópskeho stupňového merania, z ktorej neskôr vznikla Medzinárodná geodetická a geofyzikálna únia. [10] [7]

Celkom bolo meraných 22 geodetických základní, z toho na našom území boli dve – pri Josefove a pri Chebe. Väčšina základní však plnila len kontrolný charakter. Rozmer siete bol v našich štátoch prakticky najviac ovplyvnený jednou geodetickou základňou pri Josefove. Sieť bola spracovaná na Besselovom referenčnom elipsoide so základným bodom Hermannskogel, ktorého astronomicky namerané súradnice a azimuty boli použité ako východiskové pre výpočet geodetických súradníc celej siete. Výsledkom bola na vtedajšiu dobu dosť presná sieť. Jej podstatným nedostatkom však bola jej chybná orientácia (takmer $10''$ v azimute). Rovnako rozmer siete bol určený len s presnosťou, akú umožňuje odvodzovanie rozmerov prakticky z jednej geodetickej základne. Pri vtedajšom spôsobe zhŕšťovania a podrobného merania však premenlivé miesta nehrali rozhodujúcu rolu. [10]

Československá Jednotná trigonometrická sieť (JTS)

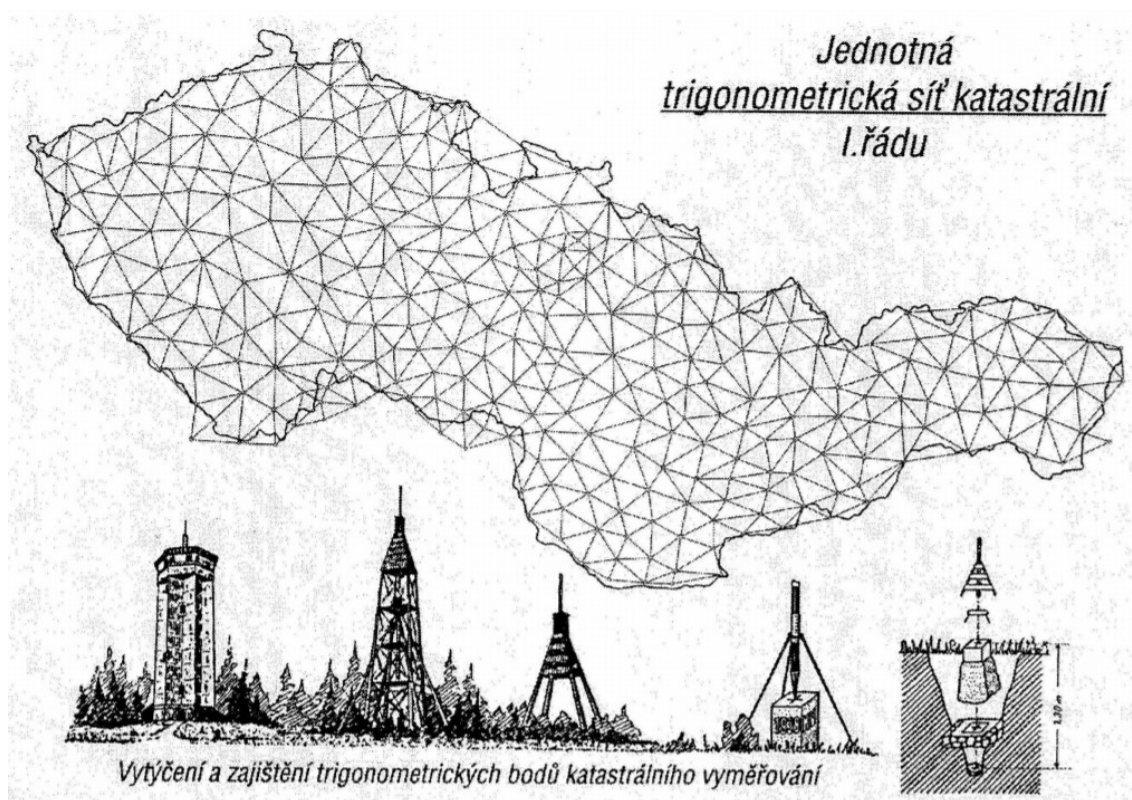
Po vzniku Československej republiky v roku 1918 neboli na našom území jednotné a spoľahlivé geodetické základy pre nové merania a mapovania na úrovni zodpovedajúcej danej dobe. Preto v roku 1919 zriadilo vtedajšie ministerstvo financií triangulačnú kanceláriu a jej prednostom menovalo Ing. Josefa Křováka. Úlohou kancelárie bolo vybudovať na celom území republiky v krátkej dobe Jednotnú trigonometrickú katastrálnu sieť až do dĺžky strán asi 5 km. [8]

Budovanie Čs. JTS prebiehalo v rokoch 1920-57 v troch základných etapách:

1. Zameranie „Základní trigonometrické sítě I. řádu“ (1920-27).
2. Zameranie a spracovanie „JTS I. řádu“ (1928-37).
3. Zameranie a spracovanie ostatných bodov JTS, tj. bodov II, III, IV a V. rádu, prebiehajúce v rokoch 1928,57.[12]

Po ukončení meracích prác na trigonometrickej sieti I. rádu (1927) bolo všetkých 268 bodov vyrovnaných. Pri meraní bolo rozhodnuté, že sa prevezmú osnovy meraných smerov z vojenskej triangulácie (1862-98). S touto vojenskou sieťou mala novovznikajúca S-JTSK spoločných 107 bodov. Pomocou Helmertovej transformácie bola určená kvalita vojenskej triangulácie, z ktorej len 42 bodov v Čechách poslúžilo k určeniu rozmeru, orientácie a polohy S-JTSK na Besselovom elipsoide. V nasledujúcom období sa sieť zhusťovala a po každom zhustení prebehlo vyrovnanie siete. Takto bolo nakoniec zmeraných vyše 47 000 bodov, ktorých priemerná vzdialenosť je okolo 2 km. [12]

Kvôli finančným a časovým dôvodom sa za celú dobu budovania S-JTSK neuskutočnilo žiadne astronomické meranie ani meranie nových základní. Práve z týchto dôvodov bola zle naklonená poloha celej siete. V jednotlivých bodoch tak vznikli rôzne odchýlky. [12]



Obr. 18 Jednotná trigonometrická síť I. řádu a spôsoby stabilizácie trigonometrických bodov [12]

Súradnicový systém 1952 (S-52)

Po druhej svetovej vojne a po politickom rozdelení Európy boli naše geodetické základy postupne začleňované do jednotnej sústavy, ktorej jadrom bola astronomicko-geodetická sieť (AGS) západnej časti ZSSR. Predtým ako bolo realizované presné zapojenie, bolo potrebné urýchlene vytvoriť pre topografické mapy predbežný systém, presný natoľko, aby sa od neskoršieho presnejšieho určenia líšil len veľmi málo a bez nepriaznivých dôsledkov pre začaté topografické mapovanie. [8]

V roku 1952 boli z ZSSR dodané súradnice niekoľko desiatok bodov na území našej republiky vypočítaných v sovietskom súradnicovom systéme 1942 (Krasovského elipsoid, Gaussovo zobrazenie). Štúdie ukázali, že tento bodový podklad je menej presný ako naše JTSK, čo bolo spôsobené najmä tým, že pre výpočet boli použité výsledky staršej triangulácie z rokov 1862-1898. [9]

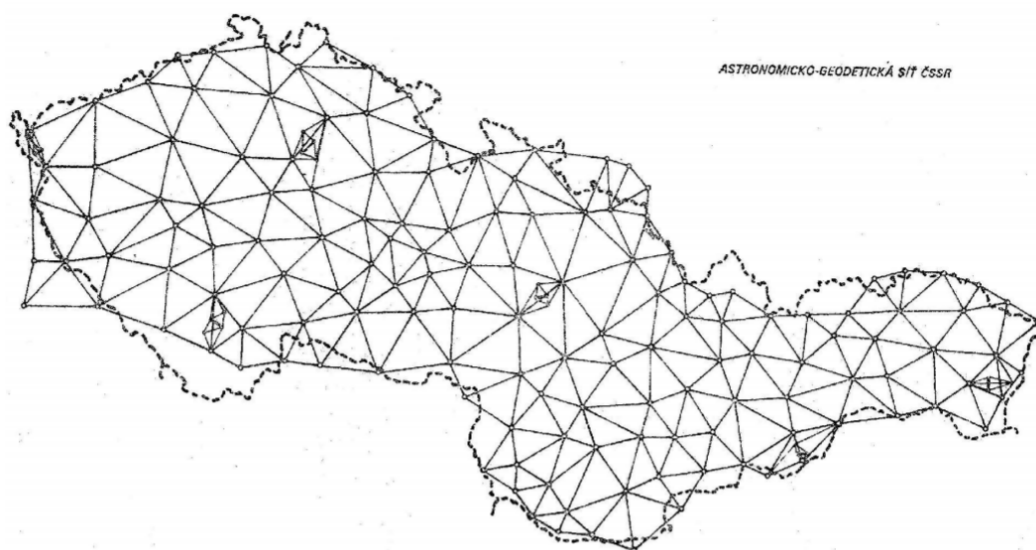
Súradnicový systém 1942 (S-42)

Po prvej svetovej vojne popri zhŕňovaní existujúcej JTSK prebiehalo od r. 1931 budovanie tzv. Základnej trigonometrickej siete, s väčšími trojuholníkmi ($s=36$ km), s najvyššou možnou dosiahnuteľnou presnosťou. Pre túto sieť bolo neskôr zavedené

pomenovanie astronomicko-geodetická sieť (AGS). Väčšina bodov tejto siete je identická s bodmi I. rádu JTSK. [9]

Do začiatku druhej svetovej vojny boli uskutočnené početné astronomické merania, merané boli niektoré uhly vrcholovou metódou, zameraná základňa u Jesenského, uskutočnené spojenie z rakúskou a rumúnskou sieťou. [9]

V rokoch 1956-58 bola táto AGS vyrovnaná spoločne s ďalšími krajinami východnej Európy a postupne do nej boli transformované body S-JTSK. Vyrovnanie bolo realizované na Krasovského elipsoide a pre rovinné súradnice (x,y) bolo použité Gaussovo zobrazenie. [9]



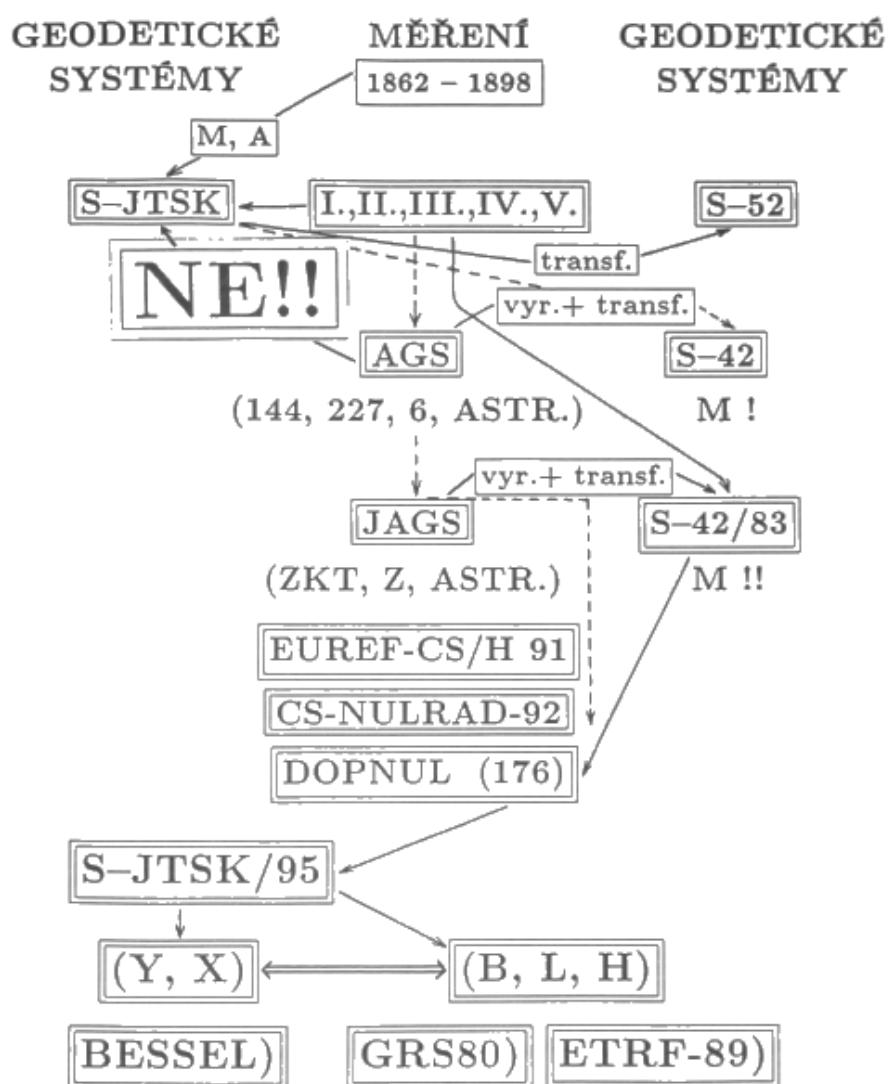
Obr. 19 Astronomicko-geodetická sieť [12]

Súradnicový systém 1942/83 (S-42/83)

Od medzinárodného vyrovnania AGS došlo v ČSR k ďalším spresneniam a k doplneniu nameraných hodnôt. Okrem iných meraní boli nanovo určené ťažnicové odchýlky a prevýšenie kvázigeoidu. Boli tiež opravené niektoré uhly a doplnené súvislé spojenie so sieťami susedných štátov: NDR, Poľsko ZSSR, Maďarsko. [9]

EUREF

Koncom 90tych rokov dvadsiateho storočia sa začala v Európe mohutne budovať celoeurópska referenčná sieť (EUREF), do ktorej sa ČR zapojilo v roku 1991 kampanou EUREF-CS/H 91. Pri tejto kampani bolo merané na šiestich bodoch a následne napojené na európsku sieť. Nasledovali kampane CS-NULRAD-92 a DOPNUL, ktoré vytvorili národnú referenčnú sieť napojenú na EUREF. Pre body tejto siete sú tak určené spresnené súradnice v S-JTSK aj v ETRS-89. Tým bolo možné aplikovať meranie GPS na území ČR a následnú transformáciu do S-JTSK. Prehľad vývoja geodetických systémov na území ČR názorne dokumentuje schéma uvedená v publikácii Dějiny zeměměřictví [8] a vystihuje jeho zložitosť. [13]



Obr. 3.3: Vývoj geodetických systémů na území ČR

Obr. 20 Vývoj geodetických systémů na území ČR [8]

1.2.3 Budovanie výškových systémov

V roku 1867 bolo v strednej Európe spustené budovanie základnej nivelačnej siete. Následne v roku 1877 bol na území ČR vybudovaný základný nivelačný bod Lišov. Do siete základných bodov bola vložená sieť I. rádu a ďalších nižších rádov. Výška bola vedená v Jadranskom výškovom systéme s nulovou výškou v Terste. [14]

Počas vojnového obdobia boli výšky podľa nariadenia Nemecka vedené vo výškovom systéme Normall-Null (ďalej len NN) s východiskovým bodom v Amsterdame NAP. V tejto dobe bol určený vzťah na prepočet z Jadranského do NN výškového systému ($VNN = VJ - 0,2486 \text{ m}$). Používanie systému NN bolo v roku 1945 zrušené. [14]

Vznik československej jednotnej nivelačnej siete (ďalej len ČJSNS) sa datuje až po skončení druhej svetovej vojny. Jej východiskovým bodom sa stal základný nivelačný bod Lišov, čím bola sieť opäť vzťahnutá k hladine jadranského mora. [14]

Avšak vývojom politickej situácie vo vtedajšom ČSR dochádza k zjednoteniu výškových systémov ZSSR a štátov pod jeho vplyvom. Je rozhodnuté o zavedení spoločnej zrovnávajúcej hladiny, a to strednej hladiny Baltského mora v Kronštade, a o vytvorení nových normálnych Moloděnského výšek. V roku 1952 vznikol dočasný výškový systém Baltský B-68, následne B-46 ktoré sa od jadranského systému líšia o konštantný výškový rozdiel. Od roku 1957 sa výšky vedú vo výškovom systéme Bpv, ktorý sa však už nelíši od jadranského systému o konštantnú hodnotu, ale o rozdiel výšok v rozmedzí -0,36 m až -0,42 m. Je to spôsobené odlišným zavádzaním tiažových korekcií (normálne ortometrické korekcie pre jadranský systém a normálne Moloděnského korekcie pre Bpv). [14]

1.2.4 Mapovanie a kartografické diela

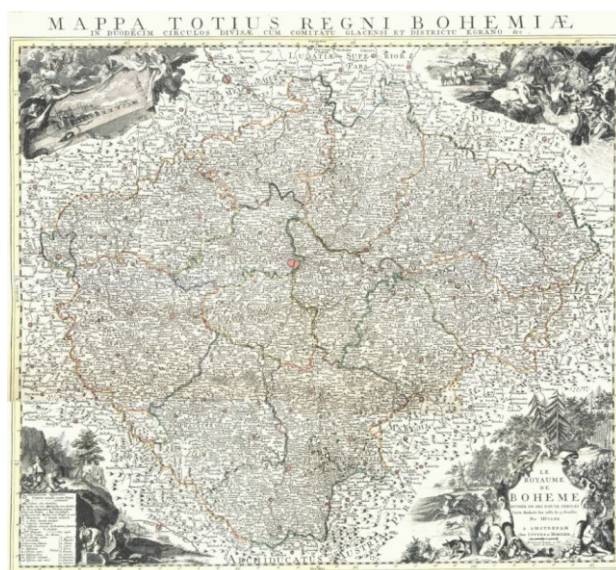
Müllerovo mapovanie Moravy a Čiech

Prvé súvislé topografické mapovanie českým zemí uskutočnil rakúsky vojenský cisársky inžinier, topograf a kartograf Jan Kryštof Müller. Pod vedením cisárskeho plukovníka L.F.Marsigliho, skvelého prírodovedca a geografa uskutočňoval astronomické merania v Uhrách a po uzavretí mieru s Turkami r. 1699 mapoval nové prihraničné oblasti Rakúska. V roku 1708 mu bolo zverené spracovanie veľkej mapy Uhorska, ktoré zobrazuje aj územie Slovenska. [10]

Jeho ďalším cieľom bolo vypracovanie veľkého atlasu rakúskych zemí – Atlas Austriacus. Mapovanie zahájil na území Moravy, ktorú v rokoch 1708 až 1712 zmapoval po jednotlivých vtedajších krajoch. Na mapovanie boli využité operné body, ktorých poloha bola zistená astronomicky. Vlastný zakres situácie prebiehal pomocou busoly a vzdialenosť sa merala počtom otáčok kolies na meračskom voze. Obsahom

mapy je 3022 sídel, vodné toky, pomerne riedka komunikačná sieť a na znázornenie výškopisu použil Müller kopečkovú metódu so západným osvetlením. [10]

Pokračovaním Atlasu Austriacus bolo Müllerovo najznámejšie dielo. Mapa Čiech v mierke 1:132 000, ktorá pozostáva z 25 mapových sekcií. Obsahuje 12 495 sídel a jej bohatý obsah bol na vtedajšiu dobu veľmi obsiahly (administratívne delenie, 10 kategórií miest, kostoly, jednotlivé dvory, prejazdné obce, roztrúsené sídla, podrobné vodstvo...). Mapovanie prebiehalo do r. 1718 a mapu v záverečnej podobe Jan Kryštof Müller dokončil v roku 1720. Müllerova mapa Čiech patrí k jedným z najkrajších a veľmi ceneným kartografickým dielam. [10]



Obr. 21 Müllerova mapa Čiech (1720) [15]



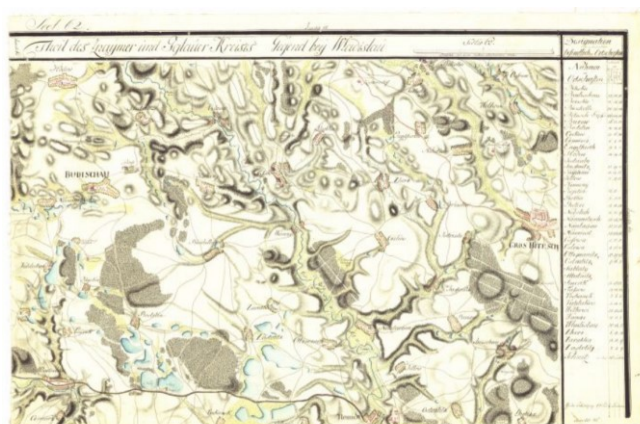
Obr. 22 Obr. 21 Detail- Müllerova mapa Čiech (1720) [11]

V roku 1720 Müller začal taktiež s mapovaním Sliezka, bohužiaľ zomrel už v roku 1721 mapovanie už nedokončil. V jeho práci pokračoval J.W.Wieland, ktorý mapovanie uskutočnil v roku. 1722-1732. Vydania máp sa takisto nedožil, všetky Wielandové mapy vyšli v roku 1752 v Atlase Slezka. [10]

Prvé vojenské mapovanie (1763-72)

Müllerove mapy boli doposiaľ jediným mapovým podkladom pre veliteľov rakúskych vojsk počas sedemročnej vojny (1756-63). Keďže bol obsah máp čím ďalej, tým viac zastaraný, rozhodla panovníčka Maria Terézia o vyhotovení nového uceleného mapového diela pre celé územie Rakúskej monarchie v podrobnej mierke 1:28 800. [10]

Mapovanie prebehlo v r. 1763-85 a je označované ako „Josefské“, pretože bolo dokončené až za vlády syna Márie Terézie – Jozefa II. Požiadavky na rýchlosť mapovania a nízke finančné náklady viedli k použitiu nenáročnej technológie, takže mapy boli vytvárané bez geodetických základov a nejednotným spôsobom. [10]



Obr. 23 Výrez mapy I. Vojenského mapovania [15]

Mapovanie Stabilného katastra

Vznikali civilným mapovaním prebiehajúcim na základe požiadaviek zavedenia stabilného katastra cisárskym patentom Františka I. V Čechách toto mapovanie prebiehalo v rokoch 1826-43 a na Morave v rokoch 1824-1836. Mapy boli vyhotovované v mierke 1:2 880, v Cassini-Soldnerovom zobrazení a súradnicovej sieti Gusterberg pre Čechy a Sv. Štěpán pre Moravu. [10]

Druhé vojenské mapovanie

Toto mapovanie, nazývané tiež „Frantškovo“, bolo takisto v mierke 1:28 000, pričom v priestoroch vojenských táborov a väčších mestách bola zvolená dvojnásobná mierka 1:14 400. Mapovanie už využilo trigonometrickú sieť, ktorá bola v tom čase budovaná pre potreby stabilného katastru. Mapovanie v českých krajinách bolo zahájené až v polovici 19. storočia, keď už na území existovali katastrálne mapy v mierke 1:2 880. Prevedením pomocou pantografu do mierky vojenského mapovania vznikol polohopisný podklad pre spracovanie nových topografických máp. Číselný polohopisný základ v Čechách tvorili trigonometrické body, ktoré mali pravouhlé rovinné súradnice katastrálnej súradnicovej sústavy vzťahnutej k základnému bodu Gusterberg. Na Morave a v Sliezku bola súradnicová sieť vzťahnutá k základnému

bodu Sv. Štěpán vo Viedni. Pre znázornenie terénu sa použili Lehmanove šráfy, ktoré znázorňovali smer najväčšieho spádu terénu a jeho veľkosť. [10]



Obr. 24 Výrez mapy II. Vojenského mapovania [15]

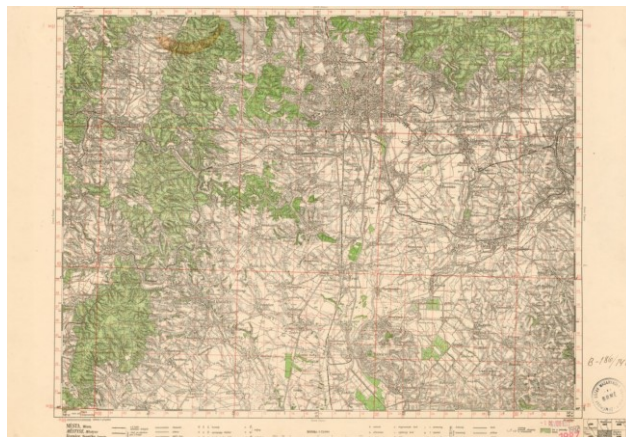
Tretie vojenské mapovanie

V súvislosti s novými vojenskými požiadavkami na presnosť a spoľahlivosť máp a takisto s rastúcim významom topografických máp v civilnej sfére sa v 70. rokoch 19. storočia začalo 3. vojenské mapovanie na území Rakúsko-Uhorska. Mapovalo sa prevažne v dekadickej mierke 1:25 000, okolie veľkých miest a vojenských objektov v polovičnej mierke. Mapovanie prebehlo v rokoch 1870-1885 na území Čiech, Moravy a Sliezka v rokoch 1876-1879. Polohopisným podkladom slúžili opäť mapy stabilného katastru. Kvôli nedostatočnej spoľahlivosti výšok v katastrálnych mapách bola pre mapovanie urýchlene uskutočnená revízia merania výšok, vďaka ktorej boli určené nové nadmorské výšky. Tieto sa stali výškopisným podkladom tretieho mapovania. Terén bol znázorňovaný tzv. kombinovaným spôsobom tzn. kótami, vrstevnicami, šrafovaním a lavírovaním. [10]



Obr. 25 Výrez mapy III- Vojenského mapovania [15]

Mapovanie viedlo neskôr k vzniku aj ďalších mapových diel menších mierok, medzi ktoré patrila dobre známa špeciálna mapa 1:75 000 ako hlavné mapové dielo určené verejnosti, generálna mapa 1:200 000 a prehľadná mapa Európy v mierke 1:750 000. Mapy tretieho vojenského mapovania sú na svoju dobu veľmi dobrými kartografickými dielami. [10]



Obr. 26 Ukážka špeciálnej mapy 1:75 000[15]

Mapovanie a kartografické diela v 20. storočí

Nezávisle na mapových dielach vychádzajúcich z III. vojenského mapovania začalo mapovanie v Benešovom (1934-38) a neskôr (1946-49) aj Křovákovom zobrazení (S-JTSK), ktorých výsledkom boli definitívne vojenské topografické mapy v mierkach 1:10 000 a 1:20 000. Mapovanie bolo prerušené druhou svetovou vojnou.

Po 2. svetovej vojne pokračovalo definitívne vojenské mapovanie v mierke 1:20 000, ktoré bolo prerušené skončeným vojnovým konfliktom. V roku 1947 rozhodlo ministerstvo národnej obrany ČSR o prechode na mierku 1:50 000, spracovanie v Gauss-Krügerovom zobrazení a na Besselovom referenčnom elipsoide. Bolo však ukončené v roku 1952, kedy boli zahájené prípravy spracovania nového topografického mapového diela v rámci Varšavskej zmluvy. V civilnom sektore (Zememeračský úrad v Prahe) boli v roku 1946 zahájené práce na Štátnej mape v mierke 1:50 000 a 1:200 000 v Křovákovom zobrazení. Mapy pokrývali len malú časť územia.

Keďže mapy stredných mierok, ktoré vznikali do r. 1953 ako mapové provizoriá, nevyhovovali potrebám ani civilného ani vojenského sektoru, pristúpilo sa v roku 1952 k budovaniu nového celoštátneho mapového diela v mierke 1:25 000. Mapovanie prebiehalo až do roku 1957 a boli pri ňom prvý krát hromadne použité fotogrametrické metódy. Jeho výsledkom bolo komplexné mapové dielo, pokrývajúce celé štátne územie v mierkach 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000, kde jednotlivé mapy vznikali postupným odvodzovaním a generalizáciou, podľa platných kartografických zásad. Kartografické spracovanie máp zabezpečovala okrem vojenskej topografickej služby aj civilná zememeračská služba, reprezentovaná v tej dobe Ústrednou správou geodézie

a kartografie a jej zložkami, ktoré boli zriadené v roku 1954. Toto mapové dielo slúži pre potreby armády ČR dodnes.

Pre účely výstavby však boli potrebné mapy štátneho územia ešte v podrobnejšej mierke. Z tohto dôvodu rozhodla československá vláda v roku 1955 uznesením č.1391/1955 Sb. o novom fotogrametrickom mapovaní v základnej mierke 1:10 000. Mapové dielo bolo vytvárané prostredníctvom fotogrametrických metód a spracované civilnými zememeračskými organizáciami za podpory vojenskej topografickej služby. Mapovanie prebiehalo až do roku 1971 a pokrývalo celé územie štátu. Ide o veľmi podrobné topografické zachytenie situácie, pričom obzvlášť veľká pozornosť bola venovaná výškovej zložke. [16]

Vydaním neutajovaných máp v mierke 1: 5 000 bola poverená Ústřední správa geodézie a kartografie (od roku 1969 Český úřad geodetický a kartografický a Slovenský úrad geodézie a kartografie, od roku 1993 Český úřad zeměměřický a katastrální). Tento súbór mal slúžiť ako základné mapové dielo pre potreby plánovania hospodárskej výstavby apod. Jeho koncepcia bola jednotná pre celé územie ČSSR a vzhľadom k náväznosti na mapy veľkých mierok pre uvažovanú sústavu Základných máp ČSSR (ČR) bolo stanovené použitie súradnicového systému S-JTSK, Křovákovo konformného kužeľového zobrazenia na Besselov elipsoid a výškový systém Balt po vyrovnaní. [16]

Mapy sú spracované v mierkovej rade 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000. V súčasnosti sú okrem spomenutého mapového diela podľa Nařízení vlády č. 430/2006 Sb. záväzné mapové diela katastrálne mapy, Státní mapa 1:5 000 a Mapa České republiky 1:500 000, Topografická mapa v mierkach 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 a Vojenská mapa České republiky v mierkach 1:250 000, 1:500 000 a 1:1 000 000. Súčasťou sú takisto aj niektoré tematické mapové diela. [16]

Začiatkom 90-tych rokov začala rada Európskych zemí s digitalizáciou svojich kartografických diel a ich spájaním do prvých digitálnych báz kartografických dát. Od roku 1994 je tak dialo aj v Českej republike a to prostredníctvom Základnej Bázy Geografických Dát (ZABAGED). Vznikol naskenovaním ZM ČR 1:10 000 a jej následným pretvorením do bezšvovej digitálnej mapy. Vývoj ZABAGEDU v nasledujúcich rokoch spočíval v spresňovaní, aktualizovaní a modernizácii používanej technológie. V súčasnosti sa pracuje na prepojení s mnohými národnými databázovými systémami, či na zaradení a využití v celoeurópskej infraštruktúre pre priestorové údaje (smernica INSPIRE). [16]

1.3 Porovnanie vývoja geodézie v Nórsku a Českej republike

Pri náhlade na toto vedné odvetvie ako celok môžeme súdiť že tendencie a základné črty vývoja sú v celoeurópskej mierke podobné. Rozdiely vývoj geodézie v oboch krajinách do veľkej miery závisia od politickej, finančnej, sociálnej a kultúrnej situácie krajiny a od jej geografického umeistnenia. Spoločným znakom Nórskeho a Českého dejín je fakt, že obe krajiny boli až do začiatku 20. storočia súčasťou väčších monarchií. Je nutné podotknúť, že po rozpade Rakúsko-Uhorska vytvorilo Česko spoločný štát spolu so Slovenskom. Tento fakt však vzhľadom na rozmery, veľkú kultúrnu, sociálnu podobnosť a prepojenosť jednotlivých technických inštitúcií môžeme pri porovnaní zanedbať.

V rannom vývoji kartografie môžeme badať výrazné rozdiely. Dôvodom je rozdielne postavenie oboch krajín v Monarchiách ktorými boli súčasťou a samozrejme od rozsiahlosti územia. Na území terajšieho ČR vznikali veľmi kvalitné a prepracované kartografické diela ktoré zobrazovali celé územie už od začiatku 16. storočia. Dôvodom tejto podstatne lepšej situácie je výnimočné postavenie Českého kráľovstva v Rakúsko-Uhorskej monarchii. Na rozdiel Nórska až do svojho osamostatnenia v roku 1905 zastávalo v Dánskej monarchii menej podstatnú úlohu.

Zlepšenie situácie pre Nórsko prinieslo až založenie únie so Švédskom (1814), i keď v tomto vzťahu bolo Nórsko takisto mierne znevýhodňované. Obzvlášť v rovine zahraničnej politiky, avšak technickému smeru väčšia sloboda prospela. Toto obdobie je rovnako v oboch krajinách typické budovaním polohových základov krajiny. Nórsku však Česko v tomto smere predbehlo o viac ako 20 rokov. Prvými polohovými základmi krajín boli teda Nórska trigonometrická sieť (1779-1805) a Česká vojenská trigonometrická sieť (1821-1864). Nasledovné zlepšovanie presnosti, alebo zhutňovanie polohových základov krajín prebiehalo v podobných rozsahoch.

Dôležitým faktorom, ktorý ovplyvňoval dianie na úseku zememeračstva v celoeurópskom meradle bolo uskutočňovanie stupňových meraní za účelom zlepšenia znalostí o zemskom telese (rozmere Zeme). V prvej polovici 19. storočia to bol výrazný trend a obe krajiny boli zapojené do trigonometrických sietí budovaných za týmito účelmi. Tieto presné polohové merania využívali aj v rámci budovania svojich národných polohových základov. V Česku to bola účasť na stredoeurópskom stupňovom meraní a Nórska sa s Ruskom spolupodieľalo na Struveho stupňovom meraní.

Výrazné postavy dejín geodézie resp. kartografie v oboch krajinách predstavujú dvaja muži. V Nórsku je to Christopher Hansteen a v Česku Ing. Josef Křovák.



Obr. 27 Christopher Hansteen (1784-1873)
(zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Christopher_Hansteen)



Obr. 28 Ing. Josef Křovák (1884-1951) (zdroj: <http://spszem.cz/storage/files/51/ing-josef-krovak.pdf>)

Významnosť práce týchto slávnych osobností geodézie kartografie je veľká, obzvlášť pre vybudovanie národných polohových základov resp. opatrením základov súradnicovou sústavou. Ich významné počiny, či už Křovákovo S-JTSK, alebo Hasnteenova práca v NGO (predchodca Nórskeho mapového úradu Kartverket) sú zásadnými počinmi na poli geodézie a kartografie a prispeli tak výraznou mierou technickému pokroku Európy ako celku a rozvoju situácie v domácich krajinách, či už na technickej, alebo sociálno-kultúrnej úrovni.

Vývoj v 20. storočí je veľmi podobný, vzhľadom k veľkým celosvetovým vojnovým konfliktom, ktoré mali na jednej strane za následok prerušenie civilných zememeračských prác, ale na strane druhej rozvoj vojenských topografických diel.

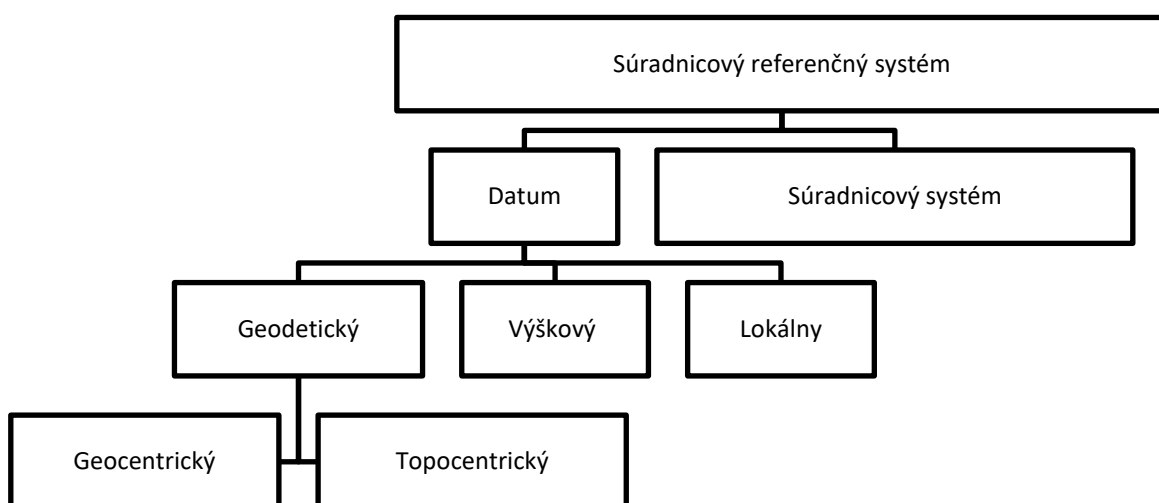
Po II. svetovej vojne sa vývoj geodézie ako takej vo všeobecnosti v krajinách nezmenil, avšak politický výrazne. Československo bolo po 2. svetovej vojne pod výrazným vplyvom ZSSR, na rozdiel Nórska sa stalo súčasťou západnej Európy. Tento

fakt viedol k rozdielom situácie na úseku geodézie a kartografie až do začiatku 21. storočia. Počas tzv. studenej vojny sa v Česku vystriedalo viacero súradnicových sústav a ich zavádzanie sa dá považovať za chaotické. Táto situácia platila hlavne pre vojenský sektor, ktorý bol však hlavným tvorcom kartografických diel a mapovacích prác v tomto období. V Nórske vojenský sektor prešiel podľa nariadenia NATO na súradnicový systém ED50 a v ňom viedol svoje kartografické diela až do súčasnosti.

2 Súčasnosť

2.1 Súradnicové referenčné systémy

2.1.1 Nórsko



[18]

Súradnicový referenčný systém

Súradnicový referenčný systém definujeme ako súbor postupov, algoritmov, konštánt a konvencií definujúcich vzťah k reálnemu svetu. Súradnicové referenčné systémy sú z pravidla konvenčné, čo znamená, že základné parametre ako počiatok, smer osí, mierka a pod. potrebné na realizáciu systému v akomkoľvek čase sú stanovené dohodou. Súradnicové referenčné systémy sa skladajú z dvoch základných elementov, z dátumu a zo súradnicového systému. Medzi súradnicové referenčné systémy patria trojrozmerné, dvojrozmerné, projekčné, výškové, zložené a lokálne súradnicové referenčné systémy.

Dátum

Dátum predstavuje parametre, ktoré definujú, ako je súradnicový systém vzťahnutý k Zemi, t.j. polohu počiatku, mierku a orientáciu osí súradnicového systému. Dátum môžeme podľa charakteru parametrov a referencie rozdeliť na priestorový (na určovanie priestorovej polohy), výškový a lokálny (referencia je zvolená lokálne).

Príkladom priestorového dátumu je ETRS89 a príkladom výškového dátumu je NAP (Normaal Amsterdams Peil). V prípade, keď je horizontálna a vertikálna zložka priestorovej polohy vzťahovaná na rôzny dátum, hovoríme o zložených súradnicových referenčných systémoch. Pri zložených súradnicových referenčných systémoch je priestorová poloha určená dvoma nezávislými súradnicovými referenčnými systémami. Príkladom zloženého súradnicového referenčného systému je EUVN.

Súradnicový systém

Predstavuje množinu matematických pravidiel (napr. zobrazovacie rovnice) špecifikujúcich priradenie súradníc k bodom. Ako príklad môžeme uviesť UTM alebo NTM. [16]

Súradnicové referenčné systémy používané na území Nórska sú:

- EUREF89
- WGS84
- ITRS
- NN1954
- NN2000

Konverziou súradnicového referenčného systému EUREF89 získavame tieto modifikácie EUREF 89:

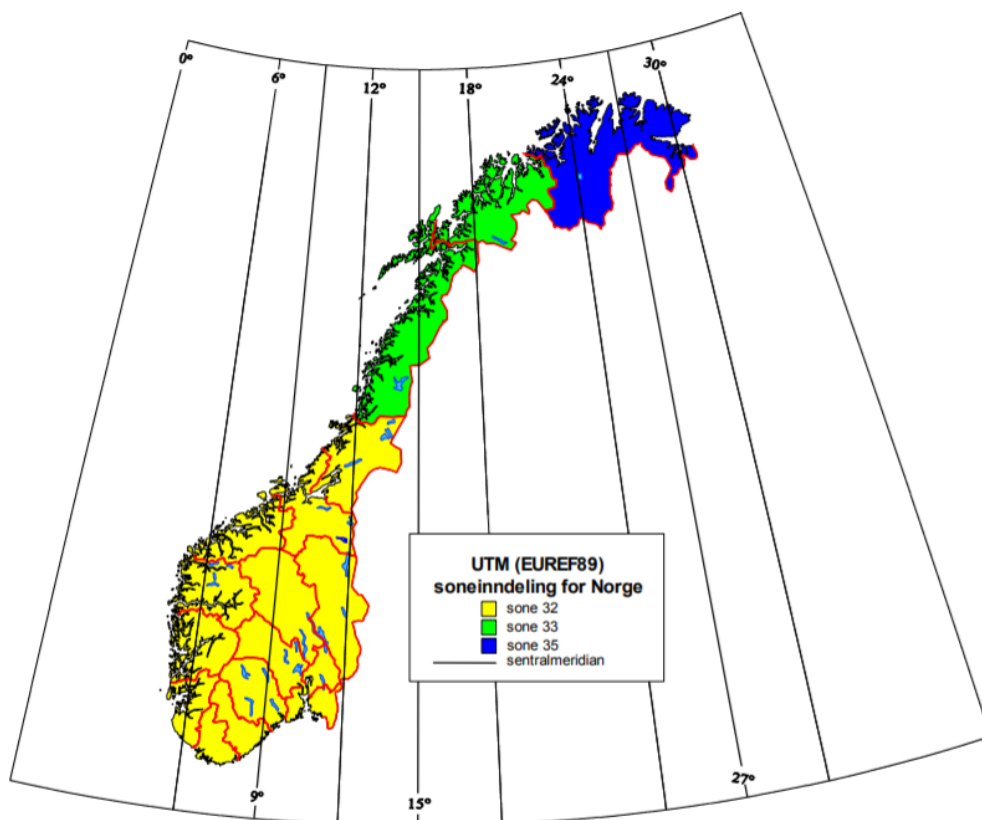
- EUREF89, 3D- geocentrické pravouhlé súradnice X, Y, Z,
- EUREF89- zemepisné súradnice φ , λ a elipsoidická výška h,
- EUREF89, UTM- Univerzálne Mercatorovo transversálne zobrazenie
- EUREF89, NTM- Nórska modifikácia Mercatorovho zobrazenia [18]

Prehľadné zoradenie súradnicových referenčných systémov použitých v Nórsku je v prílohe 1.

2.1.1.1 Polohový systém

EUREF89, UTM

Je od roku 1993 oficiálnym Nórsnym súradnicovým referenčným systémom. Používa Univerzálne Mercatorové transversálne zobrazenie (ďalej už len UTM), pričom územie Nórska spadá do piatich poludníkových pásem. Zóna 32 až zóna 36, ale len tri UTM zóny sa používajú v praxi. Sú to zóny 32,33 a 35 s centrálnymi poludníkmi $3^{\circ},6'$ a 15° . (obr. ??)



Obr. 29 - UTM zobrazenie na území Nórska [19]

Ako oficiálne kartografické zobrazenie je v Nórsku používané *UTM*- Universal Transverse Mercator. Mercatorové transversálne valcové zobrazenie je modifikáciou Gaussovo-Krügerovho zobrazenia. Ich spoločnou charakteristikou je, že referenčný elipsoid je zobrazený konformne na valcovú plochu v transversálnej polohe. V prípade Mercatora sú body elipsoidu zobrazené na sečný valec, modul dĺžkového skreslenia základného poludníka je $m_0 = 0,9996$. Rozsah zobrazenia je stanovený elipsoidickou šírkou a to od 80° južnej do 84° severnej šírky. Oblasti v okolí pólů sú zobrazené v azimutálnom zobrazení nazývanom Universal polar stereographic projection. Osi pravouhlej súradnicovej sústavy obrazu príslušného poludníkového pásu v systéme UTM sú označované ako N (North) a E (East). [19]

V jednotnom súradnicovom systéme UTM je použité posunutie súradnicových osí, a to os N je posunutá o 500 km na západ a os E je posunutá o 10 000 km na juh. Výsledné rovinné pravouhlé súradnice (N) a (E) obrazu bodu sú potom:

$$(N) = 10\,000\text{km} + N$$

$$(E) = 500\text{ km} + E$$

[19]

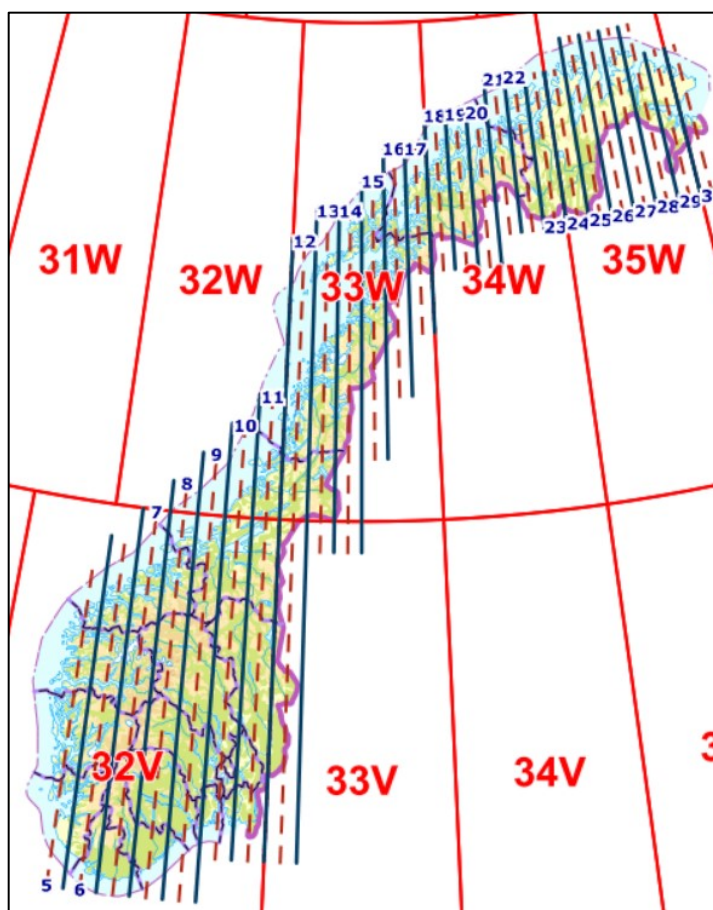
zdroj 12

EUREF89, NTM

Keďže zobrazenie UTM dosahuje na území Nórska dĺžkové skreslenie až 40 cm na 1km, bolo pre niektoré geodetické aplikácie nevhodné. Jednalo sa hlavne o merania v baníckom priemysle a presné práce inžinierskej geodézie (mostné konštrukcie, tunelové stavby). Nórsky mapový úrad stál pred úlohou vyriešiť tento problém, pričom bolo cieľom využiť dlhoročné budovanú sieť RUREF89. Riešením bolo zavedenie nového súradnicového referenčného systému EUREF89, NTM., ktoré ako zobrazenie používa nórsku modifikáciu Mercatorovho transverzálneho zobrazenia. [20]

Charakteristiky systému NTM:

- 26 zón s šírkou 1°
- centrálné poludníky ($5^\circ 30'$, $6^\circ 30'$, atď.)
- referenčný elipsoid je GRS80
- maximálne dĺžkové skreslenie- 11ppm na juhu Nórska až 5ppm na severe [20]



Obr. 30 Prehľad pásem zobrazenia NTM (modrá) a pásem UTM (červená)
(zdroj: www.norgeskart.no)

V praxi je nutné pri používaní súradnicového systému EUREF89 NTM nové súradnice spätne transformovať späť do súradnicového systému EUREF89 UTM, pretože všetky mapové diela sú vedené v tomto súradnicovom systéme. [20]

2.1.1.2 Výškový systém

NN1954 (Normal Null 1954)

NN1954 je viac než 60 rokov starý výškový systém. Ako východiskový nulový bod bol zvolený výškový bod pri meste Tregde v oblasti Mandal na juhu Nórska. NN1954 je systém normálnych (Moloděnského) výšok. [22]

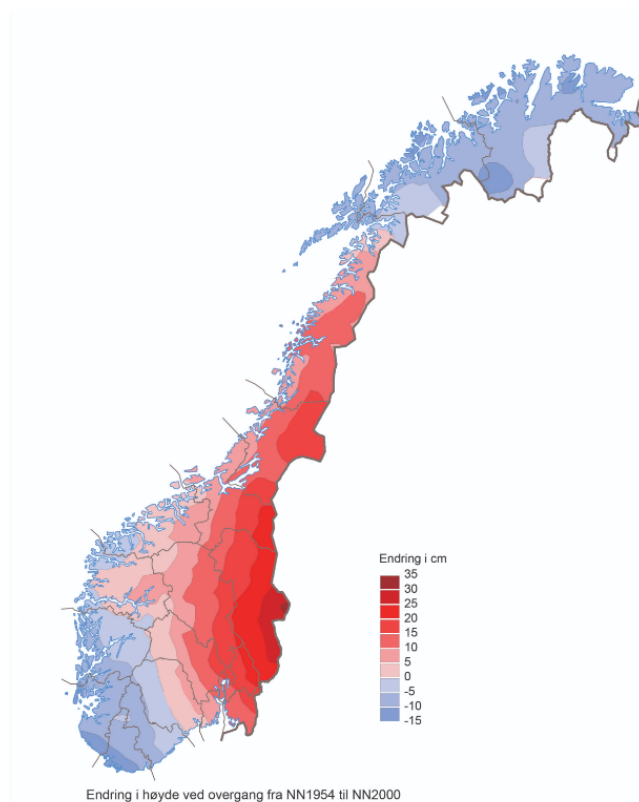
Dôsledkom neudržiavania výškovej siete posledných 60 rokov (pôsobenie „Landheving“) sa výšky bodov zmenily v niektorých častiach Nórska až o 30-40 cm. Preto úrad Kartverket pristúpil k zavedeniu nového výškového systému NN2000. [22]

NN2000 (Normal Null 2000)

Nový výškový systém NN2000 je spoločným severským výškovým systémom (Nórsko, Švédsko, Fínsko). Zavedenie nového výškového systému v Nórsku prebehlo pod záštitou GEOVEKST, organizácie založenej na základe spolupráce viacerých popredných Nórskeho inštitúcií (Nórska správa ciest, energetické spoločnosti, Telenor, vyššie územné celky, poľnohospodárske oddelenia krajskej správy a Nórskeho mapového úradu). [23]

Výškový systém bol budovaný v rokoch 1978-2004 a používa normálne (Moloděnského) výšky vzťahované k hladine Severného mora s nulovým výškovým bodom v Amsterdame (ďalej len NAP). NAP je takisto základom pre Európsky výškový referenčný rámec EVRF2007. Pre údržbu NN2000 sa používa matematický model (landhevingmodell), ktorý zohľadňuje pôsobenie „landheving“ (izostatický výzdvih) na výšky bodov. [23]

Všetky údaje doposiaľ vedené vo výškovom systéme NN1954 sú transformované do nového systému NN2000. Zavádzanie novej výškovej siete prebieha od roku 2011 a v súčasnosti je používaná na väčšine územia Nórska, pričom plánované ukončenie zavádzania NN2000 bolo plánované na marec roku 2018. Do roku 2020 je plánované úplne upustenie od duálneho vedenia výšok (NN1954 a NN2000). [23]



Obr. 31 Grafický prehľad rozdielov výšok medzi NN1954 a NN2000

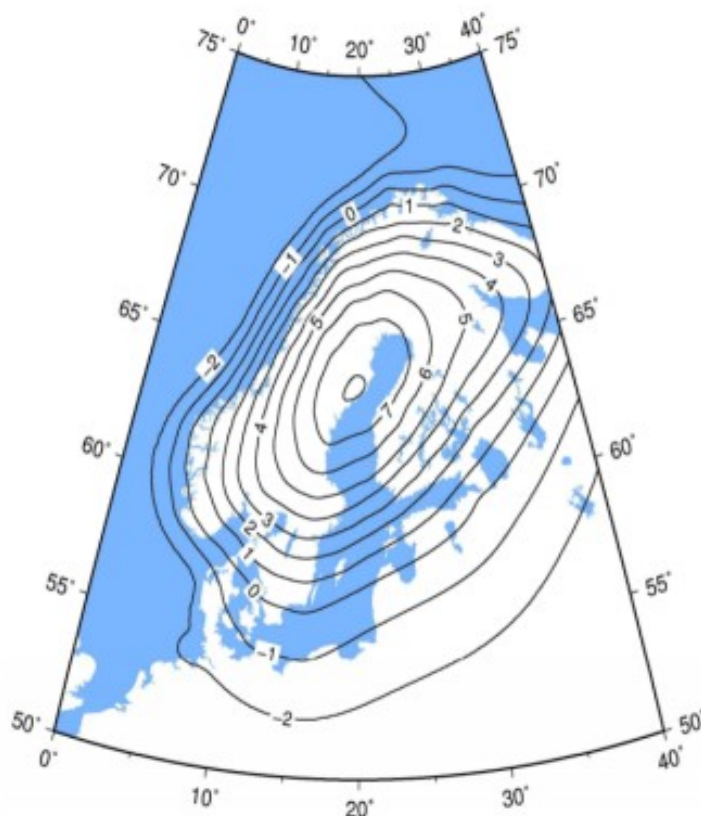
2.1.1.3 Landheving (izostatický výzdvih)

Izostatický výzdvih (Landheving) je vzostup pôdnych masívov, ktoré boli stlačené obrovskou váhou ľadu behom poslednej doby ľadovej. Tento jav postihuje najmä severnú Európu, okrem tejto oblasti však aj USA a Kanadu. Relatívne pomalý vertikálny pohyb môže dosahovať hodnôt až niekoľko milimetrov ročne. [24]

Pôsobenie izostatického výzdvihu na výšku bodov je nespochybniteľný a potvrdený dlhoročným pozorovaním. Zmeny výšok bodu spôsobené týmto javom môžu byť v praxi definované dvoma spôsobmi:

- relatívna- zmena výšky bodu vo vzťahu k strednej hladine mora
- absolútna- zmena vzdialenosti bodu od geocentra

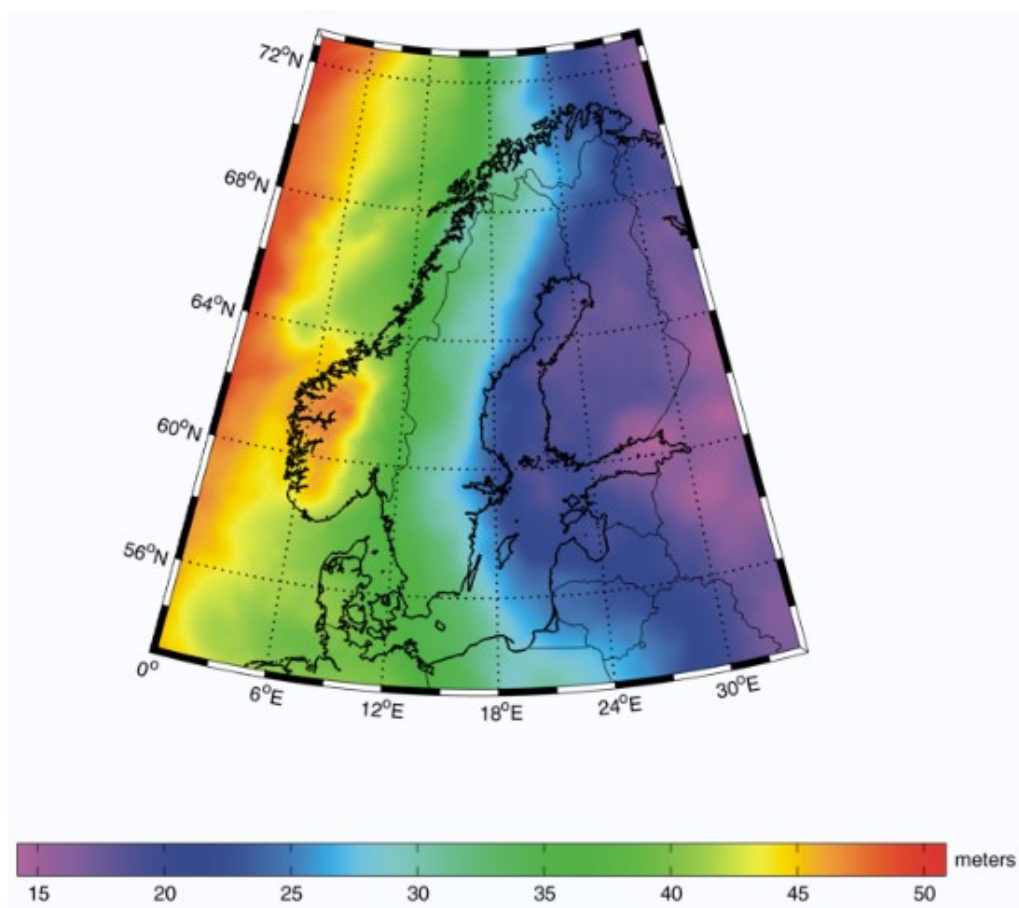
Zmeny nemajú identickú hodnotu v dôsledku nestálej hodnoty strednej hladiny mora zapríčinennej globálnym otepľovaním a následným topením ľadovcov. Americká organizácia IPCC zaoberajúca sa globálnym otepľovaním uvádza zdvih 1mm/rok v roku 2001 a v roku 2009 už 2/rok. Absolútne zmeny teda na niektorých miestach Nórska (obr. ??) dosahujú až 5mm/ročne. [24]



Obr. 32 Izostatický výzdvih (ročná zmena výšky) [24]

2.1.1.4 HREF

„Hødereferansemodell“, „HREF-modell“ je výškový referenčný model, ktorý slúži k prevodu elipsoidických výšok EUREF89 na výšky systému NN1954 a NN2000. Službu poskytuje úrad Kartverket online. Výškový model vychádza zo severského modelu kvázigeoidu NKG a modelu zohľadňujúci izostatický výzdvih. Najnovší model gravimetrického kvázigeoidu na území Nórska je NKG 2015. Najnovšie HREF modely poskytované úradom Kartverket sú HREF2008A pre NN1954, pre systém NN2000 je najaktuálnejší model z februára roku 2018 – HREF2018A_NN2000_EUREF89. Tieto modely sú poskytované v rámci transformačnej služby WSKTRANS, ktorá okrem spontánnej transformácie poskytuje transformáciu NNTrans, čiže transformáciu medzi NN1954 a NN2000 a transformačné služby medzi polohovými súradnicovými sústavami NGO1948, ED 50 a EUREF89. [25]



Obr. 33 Model kvázigeoidu NKG2015 [26]

2.1.2 Česká republika

Geodetickými referenčnými systémami záväznými na území Českej republiky sú podľa §2, Nařízení vlády č. 430/2006 Sb. stanovené:

- Svetový geodetický systém 1984 (WGS84),
- Európsky terestrický referenčný systém (ETRS),
- Súradnicový systém Jednotnej triginometrickej siete katastrálnej (S-JTSK)
- Katastrálny súradnicový systém gusterbergský,
- Katastrálny súradnicový systém svatoštěpánský,
- Výškový systém baltský- po vyrovnání (Bpv),
- Tiažový systém 1995 (S-Gr95),
- Súradnicový systém 1942 (S-42/83).

Návod pre správu geodetických základov Českej republiky vydaný ČUZK v roku 2015 označuje za používané geodetické referenčné systémy pre správu geodetických základov tieto štyri:

- ETRS v epoche 1989, realizácia ETRF2000
- S-JTSK
- Bpv
- S-GR95, realizácia 2010

Návod ďalej hovorí o možnosti využitia transformačných služieb WCTS (INSPIRE- služba transformácie súradníc WCTS). Transformačná služba zabezpečuje prevod do geodetických referenčných systémov, ktorých používanie vyplýva zo smernice INSPIRE, systémov potrebných pre vedenie geografických informačných systémov (ďalej len GIS), alebo zastaralých referenčných systémov. Transformačná služba je dostupná na Geoportále ČÚZK v transformačnom programe ETJZÚ. Uvedené aplikácie zahŕňajú najmä vzťahy medzi geodetickými referenčnými systémami:

- S-JTSK,
- ETRS89 vrátane súradnicových systémov, ktoré vznikli jeho zobrazením do roviny pomocou:
 - Lambertovo azimutálne stejnoploché zobrazenie (ďalej len ETRS89-LAEA),
 - Lambertovo konformné kužeľové zobrazenie (ďalej len ETRS89-LCC),
 - priečne Mercatorovo zobrazenie (ďalej len ETRS89- TMzn),
- Bpv,
- Európsky Výškový referenčný systém v realizácii EVRF07 (ďalej len EVRS),
- Výškový systém Jadranský (Jadran),
- staršie realizácie S-GR95.

V praxi teda platí najmä používanie referenčných súradnicových sústav ETRS89 a S-JTSK. Súradnicový systém, ktorý sprostredkováva transformáciu medzi týmito dvoma referenčnými súradnicovými sústavami, je S-JTSK/05. Na rozdiel od S-JTSK nie je záväzný na území ČR.

2.1.2.1 Polohový systém

S-JTSK

Na území Českej republiky je záväzným referenčný súradnicový systém. V geodetickej praxi sa používa prakticky od svojho vzniku v roku 1922. Kartografickým zobrazením je Křovákovo konformné kužeľové zobrazenie, s kužeľom vo všeobecnej polohe.

Ing. Josef Křovák skusmo našiel pozdĺžnu osu vtedajšej Československej republiky a potom zvolil kužeľ vo všeobecne šikmej polohe tak, aby sa kužeľová plocha dotýkala zemského telesa práve v tejto pozdĺžnej ose štátu. Základom pre Křovákovo zobrazenie bol zvolený Besselov elipsoid. [5]

Transformácia zemepisných súradníc bodu (φ, λ) na Besselovom elipsoide na rovinné súradnice (x, y) prebieha v niekoľkých krokoch. Najprv sa Besselov elipsoid konformne zobrazí na Gaussovu guľu v zvolenej dotykovej rovnobežke $\varphi = 49^\circ 30'$ a tak vzniknú sférické zemepisné súradnice (U, V). Tie sa následne prevedú na sférické

súradne toho istého telesa, ale v šikmej sústave (Š,D). Pólom je bod Q, ktorý je priesečníkom osy Křovákovo kuželu a Gaussovej gule. Teraz sa kuželová plocha dotýka gule v základnej rovnobežke $\tilde{S} = 78^{\circ}30'$ prechádzajúcou pozdĺžnou osou Československa. Ďalej sa zmenší polomer gule o koeficient $k = 0,9999$. Dĺžkové skreslenie teda nikde na území štátu neprekročí 10 cm na 1km. Zmenšená Gaussova guľa sa konformne zobrazí na dotykový kužel vo všeobecnej polohe. Na rozvinutom plášti najprv vznikajú polárne súradnice (ρ, ε) , ktoré nakoniec transformujeme na pravouhlé rovinné súradnice (x, y) . [5]

$$[\varphi, \lambda] \xrightarrow{\text{I. zobrazenie}} [U, V] \xrightarrow{\text{II. transformácia}} [\tilde{S}, D] \xrightarrow{\text{III. zobrazenie}} [\rho, \varepsilon] \xrightarrow{\text{IV. transformácia}} [x, y]$$

ETRS89

Systém určený v epoche 1989 a v Európskom terestrickom referenčnom rámci (ETRF) v realizácii (ETRF2000). Jeho referenčným elipsoidom je GRS80. Referenčný rámec je určený technológiou kozmickej geodézie a konštantami, ktoré sú súčasťou programu medzinárodných spracovateľských centier. Na území ČR je systém realizovaný súborom geocentrických súradníc vybraných bodov geodetických základov, ktorých súradnice boli vzťahnuté k epoche 1989.0 a európskemu terestrickému referenčnému rámcu (ETRF) v realizácii 2000 (ETRF2000). Súradnice označujeme φ, λ, h (elipsoidická šírka, dĺžka a výška, je povolené tiež B, L, h). V registri Geodetic Parameter Set (ďalej len EPSG) sú uvedené i ďalšie modifikácie ETRS89 a to okrem ETRS89 vyjadreného elipsoidickými súradnicami aj 2D modifikácia ETRS89 bez elipsoidických výšok a vyjadrenie ETRS89 pomocou karteziánskych súradníc X, Y, Z.

Podľa celoeurópskeho programu INSPIRE sú ďalej určené súradnicové systémy na báze variant kartografických zobrazení ETRS89 do roviny:

- ETRS89-LAEA- Charakteristiky systému:
 - Elipsoid GRS80 sa zobrazuje do roviny Lambertovým azimutálnym stejnoplochým zobrazením
 - Počiatok zobrazení: $\varphi_0 = 52^{\circ}$, $\lambda_0 = 10^{\circ}$, osa Y je obrazom poludníku λ_0 , osa X je na ňu kolmá
 - Posun počiatku rovinných súradniciach: Y = 3210 km, X = 4321 km
 - Označenie súradníc: Y (smer sever), X (smer východ)
- ETRS89-LCC- Charakteristiky systému:
 - Elipsoid GRS80 sa zobrazuje do roviny Lambertovým kuželovým konformným zobrazením
 - Počiatok zobrazení: $\varphi_0 = 52^{\circ}$, $\lambda_0 = 10^{\circ}$, osa N je obrazom poludníku λ_0 , osa E je na ňu kolmá
 - Neskreslené rovnobežky: $\varphi_1 = 35^{\circ}$, $\varphi_2 = 65^{\circ}$, 4. Posun počiatku rovinných súradniciach: N = 2800 km, E = 4000 km
 - Označenie súradníc: N (smer sever), E (smer východ)

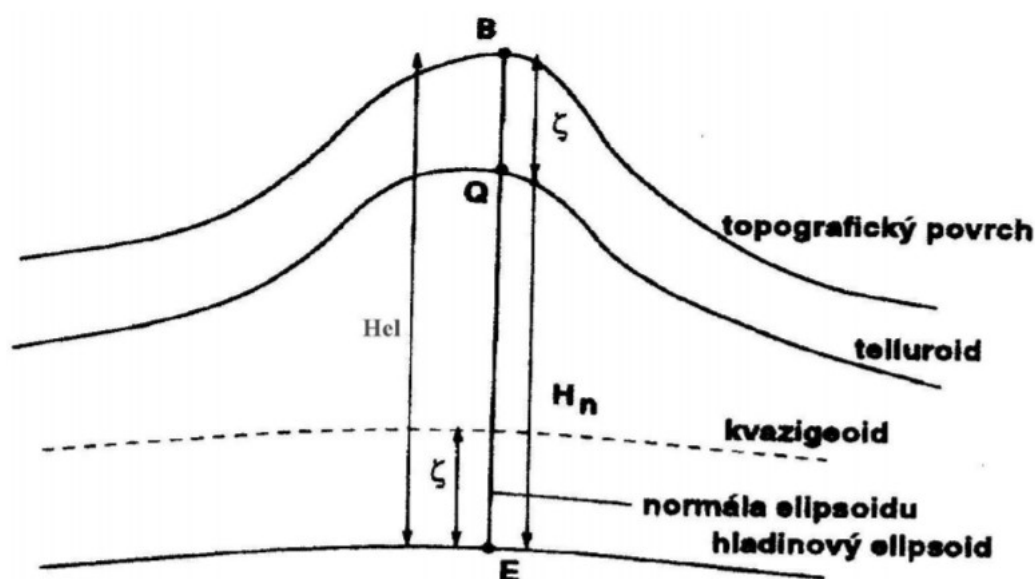
- ETRS89-TMzn- kde zn je číslo poludníkového pásu (zóny): pre ČR ETRS89-TM33 a ETRS89-TM34, Charakteristiky systému:
 - Elipsoid GRS80 sa zobrazuje do roviny Mercatorovým priečnym valcovým konformným zobrazením poludníkových pásov (UTM zobrazením) v príslušnom 6° poludníkovom páse.
 - Počiatok zobrazení: $\varphi_0 = 0^\circ$, $\lambda_0 = 15^\circ$ (pre ETRS89-TM33) resp. $\lambda_0 = 21^\circ$ (pre ETRS89-TM34), osa N je obrazom poludníku λ_0 , osa E je na ňu kolmá
 - Mierkový faktor: 0,9996 4. Posun rovinných súradníc: E = 500 km
 - Označení súradníc: N (smer sever), E (smer východ)

2.1.2.2 Výškový systém

Bpv- Baltský systém po vyrovnaní

Závazným výškový systémom na území ČR je výškový systém Baltský po vyrovnaní. Charakteristiky systému sú:

- hodnota nadmorskej výšky v systéme je normálna výška podľa M.S. Moloděnského, ktorou určuje vzdialenosť bodu zemského povrchu meraná pozdĺž ťažnice normálneho tiažového poľa (viď. ďalší bod) od vzťažnej plochy-kvázigeoidu.
- Potrebná hodnota normálneho tiažového zrýchlenia, vyjadrená v jednotkách m.s^{-2} sa určuje z Helmertovho vzorca
 $\ddot{a} = 9,78030 \cdot (1 + 0,005302 \cdot \sin^2 \varphi - 0,000007 \cdot \sin^2 2\varphi)$, kde φ je zemepisná šírka uvažovaného bodu.
- Potrebná hodnota skutočného tiažového zrýchlenia sa preberá z tiažového poľa vyjadreného v gravimetrickom systéme 1957.
- Východiskovým bodom normálnych výšok od nuly morského vodočtu v Kronštade je uskutočnený súborom vyrovnaných nivelačných meraní medzinárodných nivelačných sietí I. rádu.
- Referenčný rámec výškového systému Bpv na území ČR tvorí nivelačné body Českej štátnej nivelačnej siete I. až III. rádu. [28]



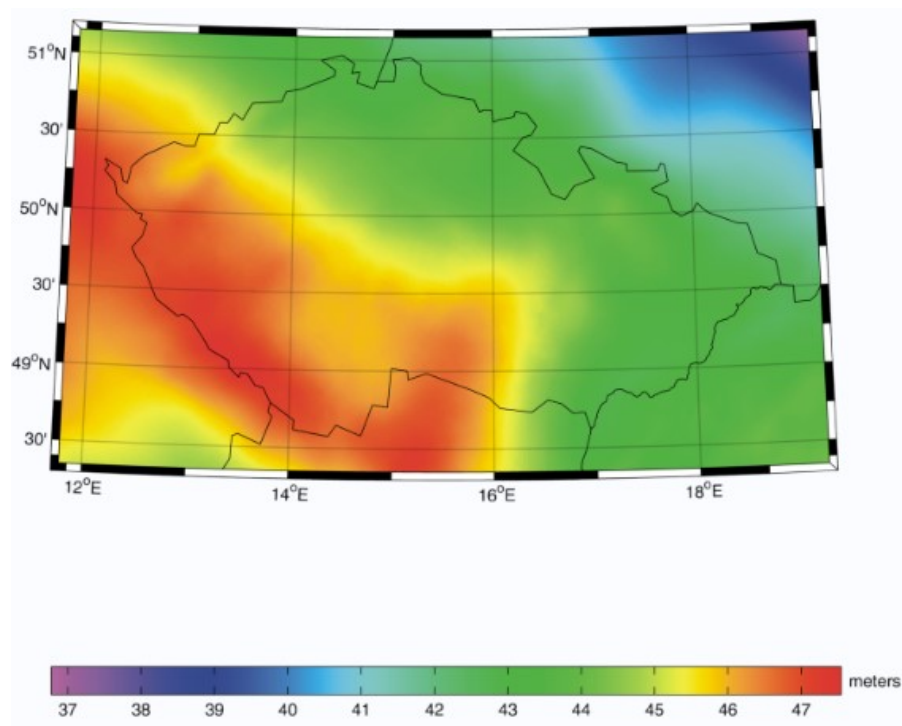
Obr. 34 Schéma rôznych výškových druhov

2.1.2.3 Transformácia

ČÚZK poskytuje on-line službu transformácie súradníc vo forme WCTS (Web Coordnita Transformation Service). Umožňuje tak transformáciu medzi súradnicovými referenčnými systémami ETRS89 a S-JTSK, vrátane prevodu elipsoidických výšok systému ETRS89 do Bpv, alebo EVRS. [28]

Transformácia polohových súradníc medzi ETRS89 a S-JTSK prebieha prostredníctvom transformačného kľúča, pričom od začiatku roku 2018 je do služby zaradená knižnica ETJTZU 2018, ktorá obsahuje spresnené globálne transformácie. Môže byť použitá na GNSS merania uskutočnené po 1.1.2018. Chyba transformácie po použití služby tak dosahuje hodnoty: $m_p = 0,036$ m. [28]

K prevodu výšok slúži model kvázigeoidu ČR-2005, pričom existuje aj spresnený model kvázigeoidu a to podrobný gravimetrický kvázigeoid QGZÚ-2013. Tento podrobný kvázigeoid je určený k miestnej transformácii v jednotlivých lokalitách. [28]



Obr. 35 Kvázigeoid na území ČR [26]

2.2 Bodové polia a geodetické siete

Súbory geodetických bodov vytvárajú bodové polia, ktoré sa podľa účelu delia na (obr.??) polohové, výškové a tiažové, ktoré spoločne tvoria časť geodetických základov krajiny.

Roztriedenie geodetických bodov do geodetických sietí umožňuje vytvárať súbory geodetických bodov, ktoré podľa účelu príslušnej geodetickej siete majú spoločné kvalitatívne vlastnosti, väzby medzi sebou, alebo väzby k ostatným geodetickým bodom. Delia sa na priestorové, polohové, astronomicko-geodetické, výškové, tiažové, geodynamické a siete zvláštneho významu (napr. česká sieť permanentných staníc GNSS „CZEPOS“).

2.2.2 Nórsko

Bodové polia môžeme v základe rozdeliť na 2 kategórie podľa spravovateľa:

- spravované štátnym orgánom- Kartverket
- spravované krajinami (miestnymi organizáciami)- Kommune

Bodové polia spravované Nórske mapovým úradom (Kartverket) sú celonárodné, pričom kraje spravujú miestne siete.

Bodové polia spravované úradom Kartverket môžeme rozdeliť do troch základných skupín:

- polohové bodové pole
 - Stamnett (Základná sieť)
 - Landsnett (Zhustňovacia sieť)
 - Trekantpunkter (trigonometrické body 1. až 4. rádu)
 - SATREF PGS
- výškové bodové pole (nívellementnett)
- gravimetrické bodové pole (tyngdenett)

Polohové bodové pole sa skladá z pôvodných trigonometrických bodov „trekantpunkter“ (50 000 bodov), ktoré však neboli premeriavané GNSS metódou a súradnice sú určené pôvodným terestrickým meraním. Preto Kartverket neodporúča používanie týchto bodov na presné geodetické účely. [21]

Pri zavádzaní referenčného systému EUREF89 bola ako referenčný rámec vybudovaná sieť základných bodov „Stamnett“. Sieť obsahovala približne 1 000 bodov vzdialených od seba v priemere 20 km. Zhustením siete vznikla „Landsnett“, ktorá obsahovala cca 11 000 s priemernou vzdialenosťou 5 km. Sieť referenčných staníc spravovaná štátnym úradom Kartverket je SATREF PGS. Prostredníctvom tejto siete poskytuje Kartverket služby určovania polohy CPOS (centimetrová presnosť), DPOS

(decimetrová presnosť) a EPOS (dáta určené na postprocessingové spracovanie merania). [18]

Výšková sieť pozostáva z približne 31 000 nivelačných bodov určených niveláciou. Ich lokalizácia je úzko spätá s komunikáciami a železničnými dráhami.

Kartverket poskytuje údaje o geodetických bodoch bezúplatne. Údaje sú vedené vo forme textových súborov. [18]

2.2.2 Česká republika

V minulosti bolo na území ČR vybudované plošné bodové pole polohové, výškové a tiažové. V období od dvadsiatych rokov minulého storočia bol na území krajiny budovaný na svoju dobu veľmi kvalitný referenčný rámec, určený vo všetkých troch zložkách. Tieto body v istých obmenách pretrvali do súčasnosti a tvoria klasické geodetické základy krajiny.

- Trigonometrické a zhust'ovacie body- cez 74 tisíc centier trigonometrických bodov (TB) a zhust'ovacích bodov (ZhB) a cez 35 tisíc k nim pridružených bodov. V databázy bodových polí (DBP) sú od roku 2008 vedené aj podrobné polohové bodové pole (PPBP) vedené v rámci Informačného systému katastru nehnuteľností (ISKN). Príklad exportu geodetických údajov z ČUZK (obr. ??).
- Nivelačné body- 12 tisíc základných nivelačných bodov (ZNB), 15 tisíc bodov I. rádu (ČSNS), 19 tisíc II. rádu a 48 tisíc III. rádu ČSNS. Od roku 2006 je DBP postupne doplňovaná nivelačnými bodmi IV. rádu ČSNS a bodmi plošných nivelačných sietí (PNS). Príklad exportu geodetických údajov z ČUZK (obr. ??).
- Tiažové body – 400 bodov českej gravimetrickej siete (ČGS). [28]

Prudký nástup nových technológií určovania polohy, obzvlášť globálnych navigačných systémov GNSS, s možnosťou automatizovaného spracovania výsledkov a vyrovnanie rozsiahlych geodetických sietí, prechod od podpory národných systémov k rozvoju kontinentálnych a globálnych referenčných geodetických systémov a k sledovaniu geodynamických vplyvov na ich stabilitu spôsobujú zmeny v prístupe k určovaniu súradnicových parametrov, operatívosti užívania geodetických bodov a v konečnom dôsledku aj v spôsobe ich umiestňovania a stabilizácie v teréne. Tieto skutočnosti vyvolali v 90. rokoch minulého storočia realizáciu dvoch základných projektov v kategórii geodetických bodov polohového bodového poľa.

- Projekt pripojenia polohového bodového poľa do Európskeho referenčného rámca EUREF (viac v kapitole 2.2.2)
- Projekt revízie existujúcich zhust'ovacích bodov technológie GPS, doplnenie a polohové určenie nových s presnosťou porovnateľnou s presnosťou trigonometrických bodov a to plošne na celom území republiky. Výsledkom práce katastrálnych úradov v rokoch 1994-2006 je 35 000 stabilizovaných zhust'ovacích bodov, umiestnených tak, aby umožňovali priame, ľahko prístupné využitie pre nadväzujúce podrobné merania.

K sledovaniu pohybov zemského povrchu slúži Základná geodynamická sieť ČR (ZGS). Táto sieť sa budovala v rokoch 1994-1995, keď prebehli celkom štyri etapy jej zamerania metódou GPS. Väčšinu bodov ZGS tvoria body základného výškového poľa a takisto základného polohového poľa, alebo body gravimetrické. ZGS je pripojená na základnú gravimetrickú sieť S-Gr95 a vzhľadom ku kvalite určenia svojich bodov (poloha, výška, tiaž) spojuje geodetické základy v jeden celok. Často sa označuje ako GEODYN. [28]

ČÚZK poskytuje prostredníctvom internetu (Geoportál) údaje z DBP. Užívateľ môže bezplatne získať prístup ku geodetickým údajom o bodoch bodových polí, ktoré boli do roku 2004 prístupné len v tlačenej podobe na príslušných katastrálnych úradoch za úplatu.

GEODETICKÉ ÚDAJE
trigonometrického bodu

Kraj: Jihomoravský kraj
Okres: Brno-venkov
Obec: Modřice

Účel: 1/1
Stav k: 2012

Vytvorené pro web 03.05.2018

Číslo a názov bodu	23	Lichy
Bod	23	TB
Druh		
X	596800.94	1166667.91
Y		
Nadmořská výška		
Bp	192.66	hranol
odlišuje se na		
CTRS-89	23	B
L	49 08 36.7436	16 38 06.9427
Hellipso	237.16	STATIC

Orientace na body (ve stupních)

Číslo	JZK	Délka strany	Číslo	JZK	Délka strany
28	48 28 16.3	2351.265			

Místopisný popis: Bod je 500 m východně od soutoku Svitavy se Svratkou a 200 m východně od dálnice D2.

Bod	23				
0.00	žula	20.20.87	0.00	0.00	0.00
.94	žula	35.35.17			
1.26	sklo	střed hrda			

Ordnat. soubor: 01-1987,0SK-2007

Modřice 1952/29

Druh a výška signálu: 1

Signifikační z roku: 2000

Obr. 37 Ukážka geodetických údajov o bode (zdroj: ČÚZK)

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: PNS-JM 071 Brno

Přechodový bod	Nivelační bod	Délka v km	Nadmořská výška Bp	Výška z roku
	JM-071-1579	odlišu 0.000 od počátku 0.000	201.506 m	1950

Místopisný popis: Tmítá, budova dopravy

Místopis: 71-1579

Stav a stáří objektu: značka 0.3 m nad zemí, zachovalá, ohrožena omítnutá, nepodsklepená stavba na Dolním nádraží

Poznámky: 1) Bod č. 60 pořadu Brno-nádraží V. z r. 1950

Úz. jednotka: 370200105
Okres: Brno - město
Obec: BRNO - STŘED
Kat. území: TRNITÁ
Vlastník/parc. č.: /

ZM-50	24-34	SMD-5	Brno 9-1
Druh zn.	Stupeň stáb	Stabilizoval	Druh bodu
Č V	4	neznámá	Y
	Druh stáb		X
	N		
Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka	Gs	Gn
0° 0' 0.0"	0° 0' 0.0"	0 mgal	0 mgal
			Ba
			0 mgal

Datum: 20.5.2018

Obr. 36 Ukážka geodetických informácií o nielačnom bode (zdroj: ČÚZK)

2.3 Správa geodézie

2.3.1 Nórsko

Kartverket je najstaršia fungujúca technická organizácia v Nórsku. Má 850 zamestnancov v 14 pobočkách, pričom sídlo organizácie je v Hønefosse.

Nórsky štátny mapový úrad „Kartverket“ (angl. Norwegian Mapping Authority). Skladá sa zo štyroch sekcií:

- mapová divízia (Landdivisjonen),
- geodetická divízia (Geodesidivisjonen),
- námorná divízia (Sjødivisjonen),
- katastrálna/právna divízia (Eigedomsdivisjonen). [17]



Obr. 38 Schéma správy Kartverket (zdroj: www.kartverket.no)

3

„Landdivisjonen“

Pozostáva z 10 krajských pracovísk, ich úlohou je:

- správa mapových diel a geografických informácií na území pevninského Nórska (v spolupráci aj so súkromným segmentom).
- správa a koordinácia súčasného fotogrametrického programu krajiny
- archivácia historických mapových diel a fotografického materiálu
- koordinuje zber a nakladanie z geografickými údajmi
- plánovanie pozemkových úprav, využitia pôdy (v spolupráci s mestskými, krajskými orgánmi) [17]

„Geodesidivisjonen“

Sídlom geodetického oddelenia je v meste Hønesfoss a jeho úlohou je:

- správa a údržba bodových polí (polohové, výškové)
- správa referenčných GNSS staníc (CPOS, DPOS...)
- vykonáva medzinárodné merania prostredníctvom VLBI stanice v Ny-Ålesunde na ostrovoch Svalbard (Špicberg). [17]

„Sjødivisjonen“

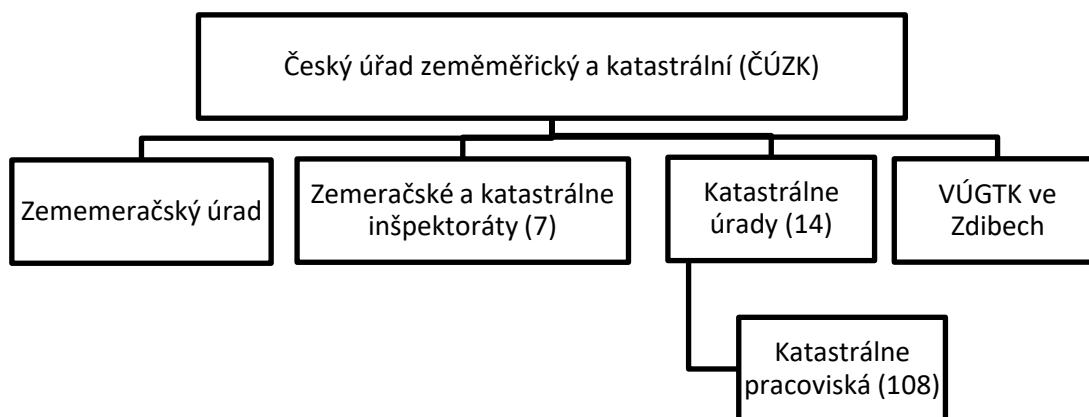
Je zodpovedná za správu námorných máp prislúchajúcich územiu Nórska (pobrežie Škandinávského polostrova patriaceho Nórsku, súostrovie Svalbard a Nórske oblasti v Antarktíde). [17]

„Eigedomsdivisjonen“

Je súčasťou kartverket len od 1.1.2017. Vznikla spojením jednotlivých matrik miestnych oddelení mapových oddelení a bývalej prieskumnej divízie „Tinglysingsdivisjonen“. Vedeniu katastra nehnuteľností v grafickej podobe sa neprikladalo veľký dôraz, čo je jeden z dôvodov, prečo sa komplexná správa katastru nehnuteľností v Nórsku sústredila do jednej inštitúcie až v roku 2017. [17]

2.3.2 Česká republika

Správu geodézie v zemi popisuje zákon 359/1992 Sb. Českej národnej rady o zememeračstve a katastrálnych orgánoch. Zákon ustanovuje Český úrad zeměměřický a katastrální (ďalej len ČÚZK) ako ústredný správny úrad zememeračstva a katastru nehnuteľností Českej republiky so sídlom v Prahe. V čele úradu je predseda, ktorého menuje vláda.



Zememeračský úřad

Zememeračský úřad je ďalší správny úrad zememeračstva s celoštátnou pôsobnosťou so sídlom v Prahe.

Do ich činnosti spadá:

- vykonávanie správy geodetických základov ČR
- rozhodovanie o umiestnení, premiestnení či odstránení meračských značiek ZPBP
- vykonávanie správy základných mapových diel a tematických štátnych mapových diel
- vedenie databázových súborov bodov bodového poľa evidovaných v technických jednotkách
- vykonávanie správy základnej báze geografických dát ČR
- vedenie Ústredného archívu zememeračstva a katastru
- vykonávanie zememeračskej činnosti na štátnych hraniciach
- prejedávanie porušenia poriadku na úseku zememeračstva
- plnenie ďalších úloh na úseku zememeračstva

Zememeračské a katastrálne inšpektoráty

Do činnosti inšpektorátov podľa §2, odst.2, zákona 359/1992 Sb. spadá:

- kontrola výkonu štátnej správy katastru nehnuteľností ČR katastrálnymi úradmi,
- dohľad na overovanie výsledkov zememeračskej činnosti využívaných pre kataster nehnuteľností ČR a štátne mapové dielo,

- prekladanie návrhov na opatrenia k odstráneniu nedostatkov zistených pri kontrole a dohľade
- rozhodovanie o odvolaniach proti rozhodnutiu katastrálnych úradov
- predkladanie návrhov na odobratie úradného oprávnenia podľa zákona 200/1994 Sb.,
- prejedávanie porušenia poriadku na úseku zememeračstva
- plnenie ďalších úloh, ktorými ich poverí ČÚZK.

Katastrálne úrady a katastrálne pracoviská

Katastrálny úrad je zriadený zákonom, riadi ho riaditeľ menovaný predsedom ČÚZK. Katastrálne pracovisko je vnútornou organizačnou jednotkou katastrálneho úradu. Pôsobnosť katastrálneho úradu vykonáva katastrálne pracovisko v územnom obvode. Tento obvod zverejňuje Český úrad zeměměřický a katastrální a to uvedením v zbierke zákonov.

Katastrálny úrad vykonáva tieto činnosti:

- vykonávanie štátnej správy katastra nehnuteľností ČR,
- vykonávanie správy zhŕšťovacích bodov a podrobných polí (polohové, výškové)
- pojedávanie o porušeníach poriadku na úseku katastra nehnuteľností ČR
- schvaľuje zmeny pomiestneho názvoslovía a zabezpečuje činnosti spojené so štandardizáciou geografického názvoslovía,
- vykonávanie správy základných štátnych mapových diel stanovených ČÚZK
- plnenie ďalších úloh na úseku zememeračstva a katastru nehnuteľností ČR

Výskumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.

Bol založený v roku 1954 a je jedinou vedecko-výskumnou základňou rezortu ČÚZK. Úlohou ústavu je aplikovaný a základný výskum v odbore geodézie, zememeračstva a katastru nehnuteľností, vývoj a testovanie nových metodík, postupov a programových prostriedkov a odborné konzultácie v nasledujúcej oblastiach:

- tvorba a vedenie Informačného systému katastru nehnuteľností
- geodézia a geodynamika
- inžinierska geodézia
- metrológia a štátne štandardizácie v odboroch zememeračstvo a kataster
- fotogrametria a diaľkový prieskum Zeme
- tvorba a udržiavanie mapových diel
- vývoj a tvorba špeciálnych pomôcok, zariadení a meracích systémov pre geodéziu a kartografiu

(zdroj: www.cuzk.cz)

2.4 Porovnanie situácie v Nórsku a v Českej republike

Situácia na poli geodézie a kartografie oboch štátov je závislá na jej historickom vývoji popísaný v kapitole 1.3. Avšak v súčasnosti sa rozdiely v geodézií a kartografií ako takej zmenšujú hlavne v dôsledku celosvetového trendu globalizácie a prepojenia národných štruktúr. Vývojom vedy a technológií v tomto odbore sa globalizácia geodézie stále zdokonaľuje.

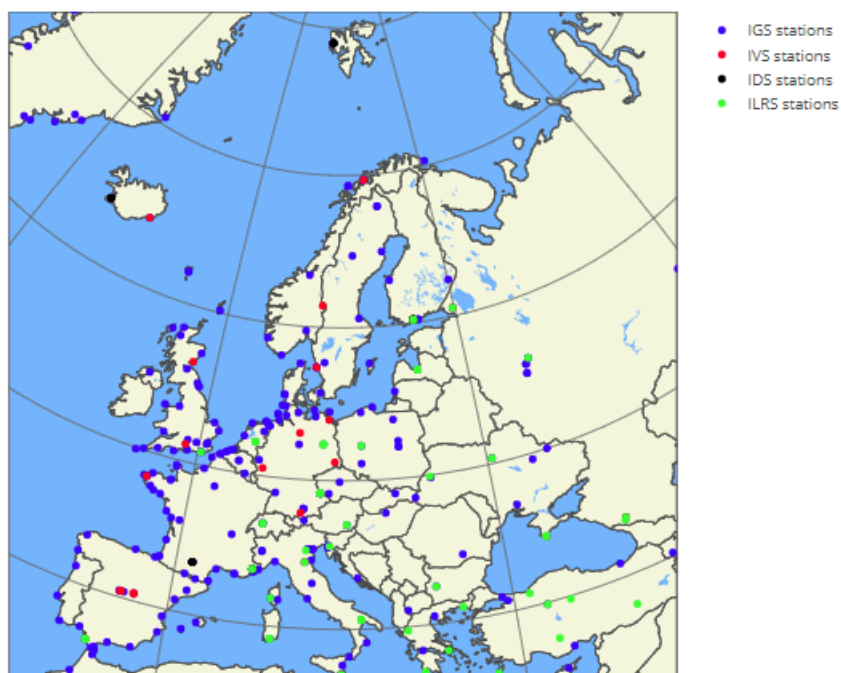
Rozdielom v súčasnosti geodézie môže byť mierne oneskorenie vývoja v ČR v dôsledku historických aspektov 20. storočia a taktiež menej priaznivá ekonomická situácia a sila ekonomiky Česka. Nórsko má posledné pol storočie západnú politickú orientáciu, čo výrazne zlepšuje jeho terajšiu situáciu na poli technológií. Veľkou výhodou Nórska je taktiež výskyt zemného plynu a iných surovín, ktoré exportuje do celého sveta k čomu má svojou prímorskou polohou veľkú výhodu. V Česku bol vývoj posledných 60 rokov podstatne pomalší, avšak od odtrhnutia od bývalého ZSSR sa úrovňou čoraz viac približuje západným krajinám.

Snahy o zjednotenie geoinformácií v Európe je patrná už od začiatku 90-tych rokov 20. storočia kedy vznikali Európske organizácie zabezpečujúce prepojenie či už národných polohových a výškových sietí, alebo celkových geodatabáz. Príkladom je práca organizácie EUREF ktorá realizuje celoeurópsky súradnicový systém ETRS 89 prostredníctvom referenčného rámca ETRF 89 v krajinách po celej Európe.

Zjednotenie výškový národných sietí je celoeurópska sieť európska referenčná sieť EVRS, ktorá vznikla kombináciou UELN a ECGN. Jej realizáciou je referenčný rámec EVRF do ktorého sú zapojené obe hodnotené krajiny.

Celkové prepojenie geodatabáz a informáciami vedenými o zemskom povrchu v Európsom meradle je smernica INSPIRE, ktorou sa riadia v tejto dobre taktiež obe krajiny.

Snaha napredovať v znalostiach o planéte Zem a faktoroch, ktoré ju ovplyvňujú, či už sú to ľudské, alebo prírodné faktory je napríklad medzinárodný terestrický a nebeský referenčný systém ITRS a ICRS ich jeho realizácia ITRF a ICRS, ktorý je pod vedením organizácie IERS (International Earth Rotation and Reference Systems).



Obr. 39 Realizácia ITRF v Európe (zdroj:
<https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/ITRF/map/itrmap.html>)

Súčasná úroveň na poli geodézie a kartografie sa medzi oboma krajinami vyrovnáva spomínanými vplyvmi. Rozdielom však zatiaľ ostáva ekonomická situácia oboch krajín čo dáva momentálne Nórsku výhodu, pretože moderné technológie sú často krát veľmi finančne náročné.

3 Projekt č.1 – zameranie účelovej geodetickej siete GNSS statickou metódou

Lokálne účelové siete pre inžinierske projekty sú v dnešnej dobre prevažne budované technológiou GNSS, alebo kombináciou GNSS a terestrických metód (ED, triangulácia, geometrická a trigonometrická nivelácia). Spoločné spracovanie vyžaduje správne váhovanie jednotlivých meraných veličín. Formálna presnosť vypočítaných GNSS vektorov je indikovaná nízkymi smerodajnými odchýlkami pri vyrovnaní seáns. Kvalifikovaný prístup musí brať v úvahu skutočnú fyzikálnu podstatu družicových a klasických meraní a spoľahlivejšie odhady presnosti meraných dát.

GNSS metódami je možné budovať lokálne geodetické siete pre inžinierske stavby v súlade s plánovanými požiadavkami presnosti, homogénne v celom rozsahu, s ekonomickými a časovými úsporami. Jednou z prvých aplikácií GPS bolo nasadenie dvojfrekvenčných prijímačov TI 4100 pri budovaní vytyčovacej siete tunelu pod kanálom La Manche, kde sa tým umožnilo presnejšie prepojenie častí na oboch stranách kanálu.(26)

3.1 GNSS

Globálne navigačné satelitné systémy (GNSS) umožňujú určenie priestorovej polohy objektov na planéte Zem. Ako napovedá názov, k svojej funkcii využívajú umelých družíc rozmiestnených na obežných dráhach Zeme a vysielaných rádiových signálov. Tento signál je následne užívateľom prijatý a spracovaný pomocou GNSS prijímača, ktorý na základe prijatých dát a vopred definovaných parametrov vypočíta požadované údaje. Systém GNSS v súčasnosti tvorí GPS (donedávna NAVSTAR), GLONASS, GALILEO, Compass a ďalšie. [30]

Štruktúra väčšiny GNSS je obdobná, rozdiely môžeme nájsť len v technických detailoch. GNSS sa skladá z troch základných segmentov.

Kozmický segment (space segment)

Zahŕňa aktívne umelé družice Zeme. Družice obiehajú po takmer kruhových dráhach vo výške približne 20 000km nad Zemským povrchom. Družica je plne sebestačná, čerpá energiu zo solárnych panelov a svoju polohu dokáže korigovať raketovými motormi. Z hľadiska plnenia svojej úlohy je vybavená prijímačom a vysielateľom signálu a atómovými hodinami. [9]

Riadiaci segment (control segment)

Úlohou je priebežne, monitorovať, korigovať dráhy družíc, vytvárať a udržiavať systémový čas a teda kontrolovať funkčnosť celého systému. Skladá sa z hlavnej

monitorovacej stanice a niekoľko monitorovacích staníc, ktoré prijímajú signály nepretržite zo všetkých družíc. Po spracovaní týchto dát v hlavnom riadiacom centre nasleduje výpočet korekcií dráh a hodín družíc a tie sú vysielané naspäť do družice. [9]

Užívateľský segment (User segment)

Tvorí ho všetky typy pasívnych prijímačov, ktoré sú schopné prijímať a spracovať GNSS signál. GNSS prijímače sa vo všeobecnosti skladajú z antény, presných hodín a samotného prijímača s procesorom.

Prijímače môžeme deliť podľa pásiem na jednofrekvenčné, dvojfrekvenčné, viacfrekvenčné. Podľa princípu výpočtu na kódové a fázové a podľa kanálov (jednokanálové, viackanálové). Ďalšie rozdelenie môže byť založené na základe dosiahnutej presnosti (navigačné, geodetické). Navigačné prijímače spracúvajú len kódové meranie a sú schopné určiť polohu v rámci niekoľkých metrov. Ich výhodou sú malé rozmery, nízka atď. (autonavigácia, turistické navigácie apod.). Pre geodetické účely sa v dnešnej dobe využívajú prevažne viacfrekvenčné antény schopné spracovať kódové aj fázové merania. Vďaka tomu je možné dosiahnuť vyššej presnosti. [30]

3.1.1 GPS

Systém je prevádzkovaný Ministerstvom obrany Spojených štátov amerických. Bol budovaný od 80. rokov 20. storočia a plnej spôsobilosti spustenia dosiahol v roku 1995. [33]

Kozmický segment k dňu 14. marca 2018 tvorí 31 družíc (pre plnú funkčnosť postačuje 24). Obehová výška je 21 000 km a družice obiehajú po takmer kruhových dráhach, ktoré sú voči sebe posunuté o 60° a na každej dráhe je rozmiestnených 5 až 6 družíc. Obežná doba každej z nich je 11 h 58 min a rovnaká konfigurácia družíc nastáva vždy po 23 h 56 min (jeden hviezdny deň). [33]

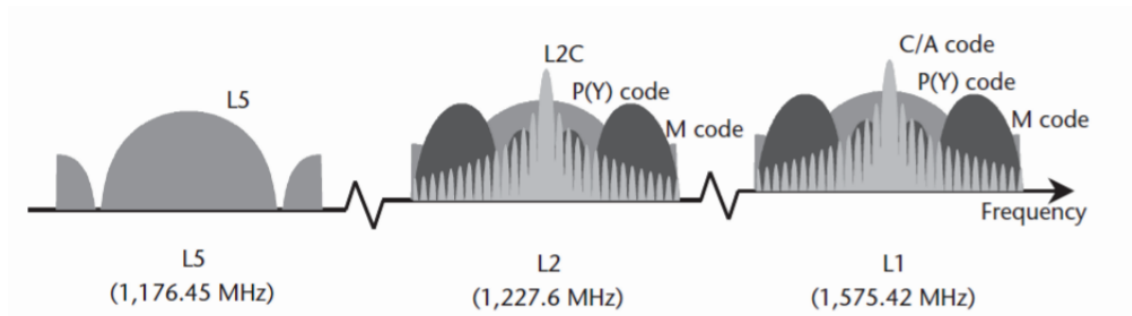
Družice vysielajú signály na dvoch nosných frekvenciách L1 a L2, najnovšie typy družíc aj na civilnej frekvencii L5. Pri systéme GPS sa využíva CDMA (Code Division Multiple Access = kódovo rozdelený viacnásobný prístup) technológia, ktorá umožňuje vysielanie satelitov na rovnakej frekvencii pomocou odlišných kódov. Nosné vlny sú fázovo modulované pseudonáhodnými kódmi C/A a P a navigačnou správou. [33]

Kód C/A je určený pre bežné civilné aplikácie a je voľne prístupný, nevýhodou je menšia presnosť a vysielanie len na jednej frekvencii. Presnejší P kód je len pre vojenské účely a je šifrovaný (tzv. P(Y) kód). V posledných rokoch pribudli do systému nové kódy vďaka modernizácii systému družicami:

- IIR-M (2005-2009) – nový modernizovaný vojenský kód M a civilný kód L2C. L2C je druhým civilným kódom, avšak prvý vysielaný na frekvencii L2.

Vysielanie L2C je omnoho efektívnejšie ako L1 C/A, vďaka čomu je možný príjem signálu aj v horších podmienkach (pod korunou stromu...)

- IIF (2010-2016) – tretí civilný kód L5, ktorý je vysielaný na novej frekvencii L5 a slúži k zlepšeniu navigácie leteckej dopravy.
- III/IIF (od r. 2018) – nový kód L1C, ktorý je zavádzaný pre možnosť interoperability medzi globálnymi navigačnými systémami. [33]



prehľad vysielaných GPS signalov [33]

Systém GPS pracuje v referenčnom súradnicovom systéme WGS-84 a so systémovým časom GPST, ktorý bol v roku 1980 zjednotený s časom UTC. Rozdiel oboch časov je udržiavaný vždy o celých násobkoch sekúnd, vkladáním alebo vypúšťaním tzv. priepustnej sekundy. Aktuálny používaný rozdiel stanovený 1.1.2017 je 18 sekúnd. [33]

3.1.2 GLONASS

Je globálny navigačný systém pod správou ruskej armády Plnú operabilitu dosiahol v roku 2011. [34]

. Kozmický segment tvorí 25 satelitov z toho jeden je vo fáze testovacích letov. Družice obiehajú vo výške 19 100 km a ich obežný čas je 11 h 15 min. čo spôsobuje, že identická konštelácia sa opakuje po 8 dňoch. [34]

Družice GLONASS taktiež vysielajú na frekvenciách L1 a L2, avšak využívajú FDMA (Frequency Division Multiple Access = frekvenčne rozlíšený viacnásobný prístup) technológiu. GLONASS má v pláne testovať na novo vypustených družiciach aj technológia CDMA. Podobne ako GPS vysielajú na frekvenciách dva kódy: SP (štandardná presnosť, obdoba C/A kódu) a HP (hrubá presnosť, obdoba P kódu GPS), ktorý je dostupný len pre autorizovaných užívateľov. [34]

Systém GLONASS používa referenčný súradnicový systém PZ-90 a systémový čas GLONASS. [34]

3.1.3 Metódy určovania polohy

Princípom určovania priestorových súradníc bodu pomocou GNSS je priestorové pretínanie z dĺžkových meraní. Ak sú známe súradnice družíc a ich vzdialenosti od prijímača (tzv. pseudovzdialenosť) je možné určiť súradnice antény prijímača. K určeniu pseudovzdialenosti sa používajú dva prístupy:

- **Kódové merania** - Prijímač generuje repliku kódu v závislosti na hodnote vlastných hodín. Túto vygenerovanú repliku následne porovnajú s kódom získaným z prijímanej vlny a výsledkom je časový posun odpovedajúci tranzitnému času, počas ktorého signál prekonával vzdialenosť medzi družicou a prijímačom. Vynásobením tranzitného času a rýchlosti svetla získame vzdialenosť družica- prijímač. Túto vzdialenosť nazývame pseudovzdialenosť. V prípade C/A kódu systému GPS, odpovedá jeden bit vlne o dĺžke 300m. Ak uvažujeme presnosť synchronizácie kódu 1%, potom maximálna presnosť polohy bez uvažovania ďalších vplyvov je cca 3m, využitím P kódu je rádovo desaťkrát presnejšia.
- **Fázové merania** - Mení sa princíp určovania pseudovzdialeností. Meranou veličinou je fázový „domerok“ (posledná neúplná vlna). Počty celých vln medzi družicou a prijímačom (ambiguity) sa rieši početne. K fázovým meraniam sa využívajú rôzne frekvencie a ich lineárna kombinácia (napr. kombinácia L5 - wide-lane). Zo známeho počtu celých vln, fázového domerku a znalosti vlnovej dĺžky signálu je možné opäť určiť pseudovzdialenosť.

Ďalej môžeme metódy určovania polohy rozdeliť na absolútne a relatívne. Tieto metódy sa líšia počtom nutných GNSS apartatúr, spracovaním nameraných dát, alebo dosiahnutou presnosťou.

3.1.3.1 Absolútne určenie polohy

Metóda, pri ktorej sa poloha určuje autonómne jedným prijímačom. Zo zistených pseudovzdialeností, príslušných korekcií a ďalších údajov sa určí poloha prijímača vo vzťahnom družicovom systéme (tzv. navigačná úloha).

Tento princíp je však úplne zaťažený systematickými vplyvmi, preto je presnosť určenia polohy rádovo v metroch. Medzi absolútne metódy môžeme zaradiť aj metódu PPP (Precise Point Positioning), ktorou môžeme dosiahnuť až niekoľkokentimetrovú presnosť. Je založená na využití dlhých observácií, atmosferických korekciách a presných efemeríd družíc.

3.1.3.2 Relatívne určenie polohy

Na relatívne určenie polohy sú potrebné minimálne dva prijímače. Jeden (referenčný) je umiestňovaný na bodoch o známych súradniciach a druhý (rover) merai na určovanom bode. Je určovaná vzájomná poloha prijímačov resp. ich vektor.

Pri relatívnom určovaní polohy sa využíva niekoľko metód odlišujúcich sa obzvlášť dĺžkou observácie, typom počiatočne inicializácie, alebo výslednou presnosťou.

Statická metóda

Spočíva v kontinuálnom meraní (observácii) dvoch alebo viacerých prijímačov. Používa sa pri úlohách sa vysokými nárokmi na presnosť. Doba observácie je závislá na vzdialenosti medzi referenčnou stanicou a roverom. Táto metóda bola použitá pri meraní všetkých dát v kapitole 4. Presnosť metódy je 3mm - 5mm

Rýchla statická metóda

Princíp je podobný ako pri statickej metóde avšak merania roverov sú kratšie (v rámci minút až desiatok minút) a vzdialenosť do 15km. Presnosť je 5 mm až 10 mm + 1 ppm.

Metóda Stop and go

kombinácia statickej a kinematickej metódy, prijímač merai aj pri presune medzi bodmi a teda je meranie urýchľované (na bode už nieje potrebná inicializácia prijímača). Presnosť metódy je 10 mm – 20 mm + 1 ppm.

Kinematická metóda

Rýchle meranie, oba prijímače musia byť napojené na signál ronakých družíc a meranie vždy začína na bode o známych súradniciach. Presnosť 20 mm – 30 mm + 3 ppm.

Metóda RTK (Real-Time Kinematic)

Aparatúra sa skladá z prijímača, ktorý je po celú dobu merania umiestnený na bode o známych súradniciach „base“ a z prijímača, ktorý sa pohybuje po určených, alebo vytyčovaných bodoch „rover“. Meranie je počítané v reálnom čase, pričom medzi roverom a base musí byť dátové spojenie realizované napr. raio modemom alebo trvalým pripojením na internet prostredníctvom GSM.

Base môže byť nahradená sieťou referenčných staníc a následným generovaním virtuálnej referenčnej stanice (VRS). Vďaka tomuto riešeniu je k určovaniu polohy bodu

RTK metódou potrebný len jeden GNSS prijímač pripojený na internet k poskytovateľovi korekcií. Takto fungujúci systém je momentálne najviac využívaná relatívna metóda určovania polohy bodu meraním GNSS v geodetickej praxi.

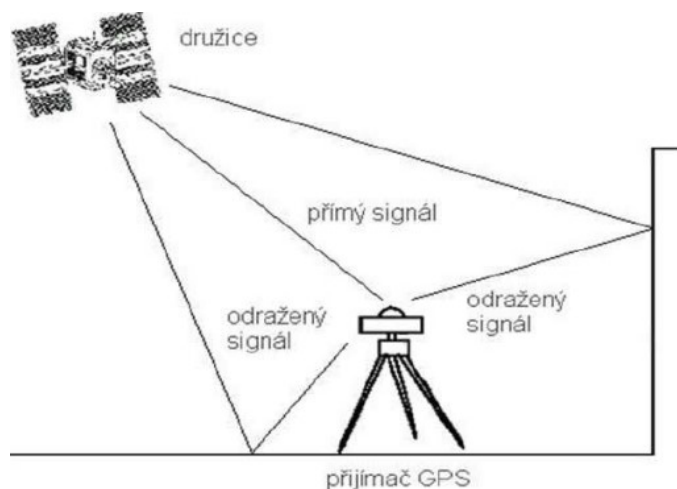
3.1.3 Systematické vplyvy pri GNSS meraní

Chyby súvisiace s prijímačom

Z praktických dôvodov nemôžu byť v prijímačoch používané vysoko presné oscilátory ako sú atómové hodiny na družiciach. To je dôvodom, prečo sú časové údaje voči systémovému GNSS času viac korigované. Hodnoty korekcií hodín prijímača sú obvykle určované pre jednotlivé epochy meraní na základe početného spracovania kódových meraní.

Významným zdrojom chýb je takisto nepresná znalosť excentricity (offsetov) fázových centier GNSS antén. Priestorová poloha fázového centra nie je totožná pre obe frekvencie L1, L2, pričom sa ešte mení v závislosti na elevačnom uhle a azimute družice. Tieto chyby sa redukujú používaním kalibrovaných antén.

Ďalším vplyvom súvisiacim s miestom umiestnenia prijímača je tzv. multipath efekt (viaccestné šírenie signálu).



Obr. 40 Multi-path [32]

zdroj-10

Chyby spojené s družicou

Medzi tieto chyby môžeme zaradiť hlavne chybu atómových hodín a chybu polohy (efemeríd družice). Približné korekcie hodín sú priebežne počítané a ukladané do navigačných správ. Presné korekcie sú potom určované z meraní dát a poskytované v rámci presných efemeríd.

Chyby spojené s prostředím (atmosférou)

Vplyv atmosféry na merania GNSS je nespochybniteľný. Vplyvom nehomogenity atmosféry sa signál vyslaný družicami nešíri priamočiarno, ale po refrakčnej krivke, čo sa prejavuje jeho oneskorením. Medzi hlavné atmosférické vplyvy patri inosferická a troposférická refrakcia.

Všetky vyššie uvedené chyby sa prejavujú výslednou presnosťou určenia polohy rôznou mierou a ich vplyv je rozdielny pre absolútne a relatívne určenie polohy. Ich približné hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Zdroj chyb	Vliv na přesnost určení polohy	
	absolutní	relativní
dráhy družice (vysílané / přesné ef.)	3 - 5 m / 3 - 10 cm	0,1 - 0,2 ppm / 1 - 3 ppb
hodiny družice (vysílané / přesné ef.)	3 - 5 m / 5 - 20 cm	-
ionosféra (L1 bez korekce)	1 - 100 m	0,08 - 8 ppm
troposféra (standardní model)	5 - 40 cm	1 - 100 cm
fázová centra antén přijímačů	1 - 10 cm	1 - 10 cm
multipath efekt (kódová / fázová měř.)	1 - 10 m / 1 - 5 cm	2 - 20 m / 2 - 10 cm
šum signálu	0,2 - 5 mm	0,6 - 10 mm

Obr. 41 Tabuľka - vplyv chýb na meranie GNSS[31]

3.2 Česká republika

Body v zamieravanej lokálnej sieti môžeme rozlišovať:

- podľa určenia
 - pripojovacie body (vybrané existujúce body polohového, alebo výškového bodového poľa vyššej, alebo rovnakej presnosti, ktoré slúžia ako body dané k naviazaniu zamieravanej siete do zvoleného súradnicového, alebo výškového systému)
 - určované body
 - podľa využitia
 - referenčné body (z týchto bodov sa zamieravajú postupne niekoľko okolitých bodov tzv. body nadväzované)
 - nadväzované body (body zamieravvané zo referenčných bodov)
- [31]

Meračské práce

Prvý krokom meračskej časti je príprava meračského plánu, ktorý vychádza zo znalosti rozmiestnenia všetkých bodov siete (daných aj určovaných). Vyznačujú a rozlišujú sa: pripojovacie a určované body, referenčné a nadväzované body, skupiny bodov s nutnosťou simultánneho merania (tj. jednotlivé seanse). Množstvo a konfigurácia nadbytočných veličín sa stanoví v príslušných technických pokynoch. Opakované merania sa obvykle realizujú na všetkých bodoch siete v rôzne dni, alebo aspoň seansách, ale v každom prípade s rôznymi kombináciami družíc GNSS. K stanoveniu časových úsekov vhodných pre meranie GNSS je možné požiť rôzne metódy, či už software určený pre plánovanie, alebo manuálne zhodnotenie požiadaviek na presnosť. Plánovať meranie je potrebné vždy pre jednotlivé seanse, nie body. Doba merania na nadväzovacích bodoch sa pohybuje v rozmedzí 15 až 60 minút aj dlhšie pričom závisí na požadovanej presnosti a spoľahlivosti výsledkov, konštrukcií prijímačov GNSS (jednofrekvenčné, dvojfrekvenčné), vzdialenosti medzi referenčnými bodmi a naväzovanými bodmi, metóde merania a spracovania dát (metóda statická alebo rýchla statická apod.). Na referenčných bodoch sa meria v priebehu celej seanse.

[31]

Výpočtové práce

Obsahom je výpočet vektorov, kontroly uzáverov, vyrovnanie siete a transformácia do zvoleného súradnicového systému.

Vektory sa obvykle počítajú softwarom príslušným k prijímaču s nastavením parametrov doporučenými jeho spracovateľom. Počítané sú výhradne nezávislé vektory, ktorých je v jednej seanse $s_i = (r_i - 1)$, kde s je počet nezávislých vektorov v jednej

seanse a r je počet simultánne meracích prijímačov v jednej seanse. Celkovo bude v sieti $S = \sum_{i=1}^k s_i$ nezávislých vektorov, kde k je počet seanse využitých pre zameranie celej siete. Výpočty je vhodné usporiadať tak, aby vytvárali uzavreté obrazce definované nezávislými vektormi. Súčet zložiek ΔX , ΔY , ΔZ vektorov, tvoriacich obvod uzatvorených obrazcov, hodnotí presnosť vypočítaných vektorov. Ak je splnená podmienka, že všetky vektory boli určené z fixovaného riešenia a uzávery sú v prípustných medziach, je možné vyrovnáť túto sieť. V prvom kroku sa použije model vyrovnania voľnej siete, ktorý slúži k odhaleniu doposiaľ nezistených hrubých chýb, alebo omylov a kvalifikovanému odhadu vnútornej presnosti siete a vstupných veličín. V druhom kroku sa aplikuje model vyrovnania viazanej siete, či vhodný typ transformácie pre prevod súradníc určených bodov do zvoleného súradnicového systému. Postup závisí na možnostiach použitého programového vybavenia. [31]

Spracovanie dokumentácie

Správa o projekte merania GNSS, by mala obsahovať všetky informácie, ktoré umožnia kompletne nezávislé hodnotenie a spracovanie meraných dát vrátane analýzy výsledkov.

3.2.1 Príklady praktického prístupu v ČR

BRNO – pražská magistrála, vytyčovací sieť stavby

V roku 1995 vykonal ústav geodézie VUT v Brne nasledujúce práce pre výstavbu „Pražská radiála“ zahŕňajúca dva jednosmerné diaľničné tunely:

- spracovanie apriórneho rozboru presnosti vytyčovacej siete stavby
- zameranie 7 špecifikovaných bodov siete metódou GPS s presnosťou (strednou chybou v polohe) do 5 mm,
- vyrovnanie priestorovej polohy (x,y,z) všetkých bodov tejto siete.

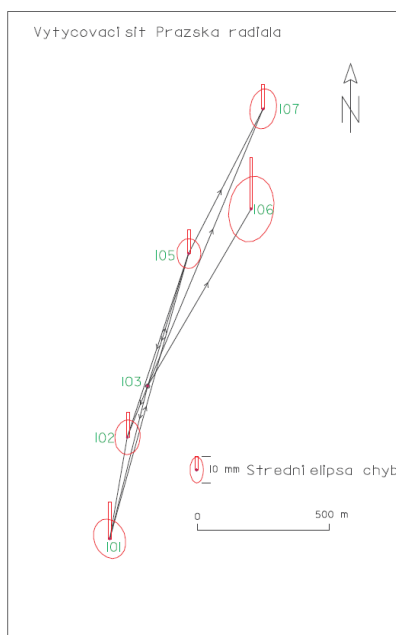
Na podklade apriórneho rozboru presnosti malo byť upresnené použitie navrhovaných metód a meračských postupov z hľadiska splnenia požiadavok Českej Státní Normy (ČSN 730420). Apriórne rozbor presnosti boli vykonané pre navrhnutú konfiguráciu bodov v sieti s uvažovaním reálne dosiahnuteľnej presnosti meraných dĺžkových a uhlových veličín v daných podmienkach.

Po zhodnotení analýz bolo doporučené zameranie 7 vybraných bodov pomocou GPS, čo vytvorilo dostatočne pevnú kostru pre súhrnné vyrovnanie celej vytyčovacej siete. Jednalo sa o body 101-107. Meralo sa dvoma dvojfrekvenčnými aparatúrami LEICA WILD System 200 – statickou metódou.

Samotné meranie bolo rozložené do troch observačných dní. V prvej fáze boli body siete pripojené k referenčnej GPS stanici TUBO na VUT v Brne. Výsledkom bol výpočet približných súradníc všetkých bodov v súradnicovom systéme WGS84.

V druhej fázy prebehlo vlastné presné zameranie bodov vytyčovacej siete. Merané boli nezávislé dvakrát pri voľbe referenčných staníc na bodoch 103 a 105, tj. bodoch dôležitých pre tunelové práce. Vektor 103-105 bol potom ešte tretí krát samostatne premeraný.

Výsledné súradnice v systéme WGS84 spolu s príslušnými charakteristikami presnosti boli získané priestorovým vyrovnaním nadbytočných meraní MNČ pomocou modulu ADJUSTMENT GPS vyhodnocovacím systémom SKI.



Obr. 42 Schéma zamerania stanovísk a vypočítaných elíps stredných chýb

Posledná časť projektu spočívala vo využití existujúceho terestrického merania ostatných bodov vytyčovacej siete a výpočte vyrovnaných súradníc S-JTSK celej siete. Na pripojenie bodov zameraných metódou GPS bolo využité GPS meranie na okolitých trigonometrických bodoch a bode TUBO. Body vytyčovacej siete boli následne určené vyrovnaním metódou najmenších štvorcov v programe GNET.

Cestný tunel Kohoutova – vytyčovací sieť stavby

V roku 2007 prebiehala v Brne výstavba mestského dopravného systému. Základná vytyčovací sieť stavby je tvorená šiestimi bodmi stabilizovanými betónovými blokmi a osadenými kovovými značkami. Táto sieť bola podobne ako v predchádzajúcom prípade zameraná metódou GPS s pripojením na bod GPS nultého rádu TUBO a prevedená do S-JTSK. Do tejto štruktúry bolo následne programom GNET vyrovnané klasické meranie ďalších bodov podrobnej vytyčovacej siete a to ako vo variante viazanej siete na body GPS, tak aj siete voľnej. Ďalej bolo realizované aj výškové vyrovnanie.

3.3 Meranie - Nórsko

Firma Exact Geo Survey AS sa od 11.7.2017 zapojila do projektu výstavby cestej komunikácie E18 v južnej časti Nórska v okrese Bamble v okolí mesta Stathelle. Jednalo sa o zameranie lokálnej geodetickej siete líniovej cestnej stavby metódou GNSS. Sieť pozostávala z dvoch častí. Sieť základných bodov a sieť vedľajšiu (body blízko seba, pre vytyčovacie práce lokálnych konštrukcií). Dĺžka úseku od začiatočného po koncový bod bola približne 14km. Projekt sa vo firme Exact Geo Survey AS viedol pod pracovným číslom P3017058 a objednávatelom zákazky bola Nórska geodetická firma Zenith Survey AS. Vedúcim pracovníkom zo strany Exact Geo Survey bola Ellen Lyby, ktorá viedla výpočtovú časť projektu a školenia súvisiace s projektom.

Moja účasť na projekte spočívala v absolvovaní všetkých prípravných kurzov a realizácie meračskej časti projektu. Zameriavanie siete prebiehalo od 11.7.2017 do 19.7.2017, celkom zo šiestich meračských dní. Pre účely diplomovej práce spracujem podrobne meračskú časť projektu a ďalší postup prác opíšem na základe výsledných protokolov, ktoré sú súčasťou elektronických príloh.

3.3.1 Zadanie projektu

Zadanie projektu spočívalo v polohovom a výškovom zameraní už existujúcej lokálnej vytyčovacej siete pri výstavbe cestej stavby na trase Rugtvedt-Dørdal pomocou statickej metódy GNSS (GPS, Glonass).

Zákazka pozostávala zo zamerania bodov dvoch rôznych sietí, hlavná „overordnett“ a vedľajšia, ktorá pozostávala z bodov blízko pri sebe, ktoré budú tvoriť podrobnejšiu vytyčovaciu sieť pre lokálne konštrukcie. Nároky na presnosť definuje nórska štátna norma NS3580.

Výsledné polohové súradnice bodov siete majú byť udávané v súradnicovom systéme EUREF89 v projekcii UTM zóna 32, EUREF89 v projekcii NTM zóna 9 a výšky v systéme NN2000. Na prevod elipsoidckých výšok bol použitý výškový referenčný model HREF 2016A_EUREF89.

3.3.2 Príprava- školenie

Pred začatím stáže sme pod vedením nášho supervízora z Českej divízie firmy absolvovali školenie zamerané na informácie o možných projektoch a základnom používaní softwaru Gemini Terrain od spoločnosti Powel, ktorý je v Nórsku používaný ako hlavný grafický a výpočtový nástroj.

Na začiatku stáže som absolvoval bezpečnostné školenia, pričom ako prvý som absolvoval osem hodinový zdravotný kurz prvej pomoci, ktorý bol vedený externým

poskytovateľom v sídle firmy a pozostával z prednášok, názorných ukážok a záverečného testu. Jeho úspešné absolvovanie bolo podmienkou ďalšej pracovnej spolupráce. Ďalším kurzom zameraným na bezpečnosť pri práci bolo kurz stavebnej firmy Veidekke. Tento kurz prebiehal on-line a pozostával z testových otázok rozdelených do tematických okruhov, pričom každej série otázok predchádzala skupina prednášok, videí a nahrávok rozhovorov s pracovníkmi.

Prvým pracovným školením bolo zamerané na Softwar Gemini-opmålling. Je to segment balíka Gemini, ktorý zabezpečuje výpočetné spracovanie merania, vyrovnanie meraní, bodových sietí atď.

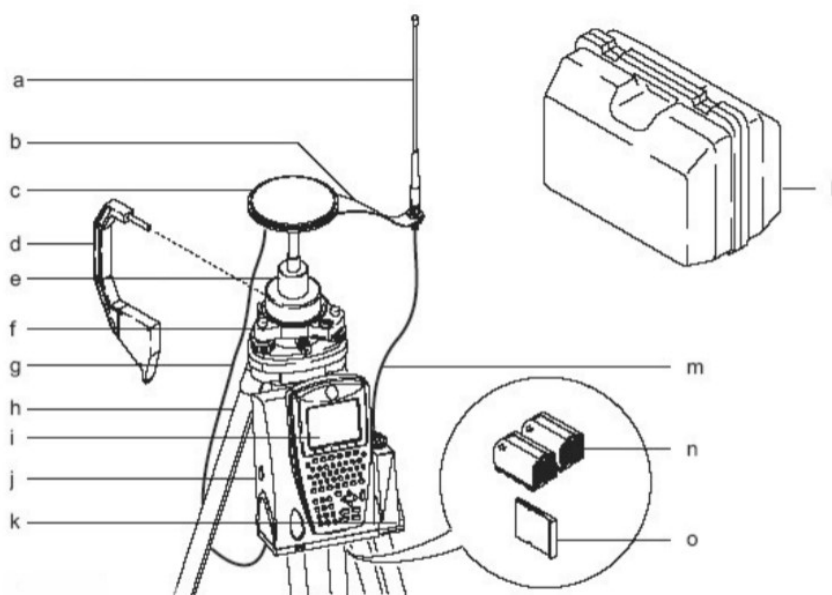
Inštrukťaz k projektu zamerania vytyčovacej siete metódou GNSS prebiehala v troch častiach:

- v druhej časti sme v základoch teoreticky rozobrali princíp a fungovanie GNSS metód a ich využitie pre budovanie účelových geodetických sietí
- prvá časť sa týkala oboznámenia s okolnosťami projektu, taktiež podmienok zadávateľa nárokov na presnosť či sa rozsah merania.
- v tretej poslednej časti prebehla praktická ukážka a test prístrojov v teréne

3.3.3 Stručná charakteristika prístrojov a pomôcok

Aparatúra LEICA GPS1200

Na projekte sme pracovali dvaja merači a 10 aparatúr LEICA GPS1200
Základné časti aparatúry:



Obr. 43 Aparatúra Leica GPS system 1200 [36]

- a) Anténa radio resp. GSM modem (nebola v projekte použitá)
- b) Rameno- nie je nutné, anténa sa dá zapojiť priamo do modemu (nebolo v projekte použité)
- c) GNSS anténa- ATX1230 GG (dvojfrekvenčný prijímač)
- d) Hák na meranie výšky prístroja
- e) Tŕň
- f) Trojnožka
- g) Kábel k GPS anténe sa zapojí do koaxiálnych TNC konektorov na anténe a senzoru
- h) Statív
- i) Kontroler- RX1250XC Controller
- j) Senzor
- k) Radio príp. GSM modem (nebolo v projekte použité)
- l) Kufor
- m) Kábel k radio príp. GSM modemu (nebola v projekte použitá)
- n) Batérie
- o) CompactFlash karta

[36]

Anténa ATX1230 GG



Obr. 44 Anténa ATX 1230 GG [36]

Je anténa integrovaná s dvojfrekvenčným prijímačom. Podporuje GNSS systémy GPS a GLONASS. ATX1230 GG má 72 kanálov (14 L1 + 14 L2 GPS, 2 SBAS, 12 L1+12 L2 GLONASS, zbytok zatiaľ nevyužitý).

Ďalšie vybavenie:

- 2 autá
- Aparatúra GNSS-RTK
- papierový meračský záznamník
- vodováha
- skladací meter

- externé batérie
- optický centrovač

[36]

3.3.4 Postup realizácie projektu

3.3.4.1 Príprava

Zahájeniu vlastného merania predchádzala príprava detailného postupu. Cieľom bolo vybrať optimálne observačné podmienky pre zvolenú meračskú metódu a minimalizovať tak náklady na prepravu meračských aparátúr medzi jednotlivými bodmi.

Pred meraním bolo vždy potrebné zostaviť podrobný plán obsadenia jednotlivých bodov a zvoliť začiatky a dĺžky jednotlivých intervalov observácie. Vo všeobecnosti platí, že dĺžka observácie je závislá na dĺžke meraného vektoru a na počte pozorovaných družíc.

Doba observácie (session – seance) je závislá na nasledujúcich faktoroch:

- geometria družíc a na zmene geometrie behom merania,
- počet pozorovaných družíc,
- dĺžka vektoru,
- stupeň ionosférických porúch,
- množstvo prekážok v okolí prijímača.

Ďalším faktorom, ktorý bolo potrebné zohľadniť pri tvorbe plánu meranie bola geometria a nároky na presnosť bodov výslednej vytyčovacej siete. V príslušných technických pokynoch, ktoré vyplývajú zo zadania projektu a z technických noriem v Nórsku.

Geometria siete - Každý určovaný bod musel byť spojený minimálne s tromi referenčnými bodmi a každý ďalší určovaný bod s predchádzajúcim, čím sme získali nadbytočné veličiny na každom určovanom bode. Výber určovaných bodov sme uskutočňovali na základe prehľadiek tak, aby spolu s referenčnými bodmi tvorili čo najvýhodnejšie geometrické usporiadanie.

Náročnosť na presnosť - sieť pozostávala z 14 hlavných určovaných bodov a 21 vedľajších, pričom hlavné body mali byť zamerané s výrazne vyššou presnosťou.

3.3.4.2 Vlastné meranie aparátúrou Leica GPS1200

Po príchode na miesto:

- centrácia GNSS antény na stabilizačnú značku meraného bodu,
- zapojenie káblového pripojenia medzi anténou a prijímačom,

- pripojenie zdrojov elektrického prúdu,
- zmeranie a zaznamenanie výšky APR antény nad stabilizačnou značkou (obr.??)
- správne vyplnenie poľného záznamu o meraní, vrátane špecifikácie typu antény
- fotodokumentácia bodu – panoramatická fotografia obzoru (smerom na Juh), meranie výšky (možná neskoršia kontrola) a fotografia stabilizácie bodu
- nastavenie parametrov merania
- spustenie observácie

Centrácia GNSS antény

Po správnej identifikácii bodu (jej prípadnom vytýčení metódou RTK) bola nad bodom rozostavená aparátúra GNSS, ktorá bola prostredníctvom trojnožky s trnom pripevnená k statívu. Pre nespoľahlivosť (nekalibrovanosť) optických centrovačov zabudovaných v trojnožkách sme na centráciu použili externý optický centrovač, ktorý sme upevnili do trojnožky a následne správne scentrovali trojnožku nad meraný bod.

Centrácia obuvlášť na referenčných bodoch na exponovanom vyvýšenom teréne bola sťažená užívaním tohto bodu v štátnom bodovom poli a jeho signalizáciou. Pre využitie tohto bodu v meraní bolo potrebné dočasne odstrániť predchádzajúcu stabilizáciu. Na takéto body bolo potrebné obstaráť aj iné technické pomôcky pre odstránenie stabilizácie, ktorej upevnenie bolo často krát skorodované, alebo inak zastarené a teda nasledovná demontáž bola náročnejšia.



Obr. 45 Ukážka stabilizácie na referenčnom bode (zdroj: autor)

Zapojenie káblového pripojenia

Prepojenie antény a kontroleru je uskutočnené pomocou spojovacieho kábla, ktorý má 3 konektory. 2 koaxiálne TNC konektory sa zapoja do antény a kontroleru a jeden nadbytočný konektor je pre pripojenie prídavne batérie.

Zapojenie zdrojov elektrického prúdu

Anténa i kontroler disponujú vlastnými internými batériami. Napájanie pomocou nej prebiehalo pri meraní určených bodov (odporúčaná minimálna observácia 2 hod, pri zhoršených podmienkach 3-5 hod). Vnútorne batérie sú rovnaké pre anténu aj kontroler, Tenká Li-Ion batéria 7.4/1.9 Ah. Doba výdrže sa mierne líšila od kvality, veku batérie a teploty prostredia, ale vo všeobecnosti výdrž v kontrolery RX1250X bola 10 hodina a anténe ATX1230 GG 5 hodín.

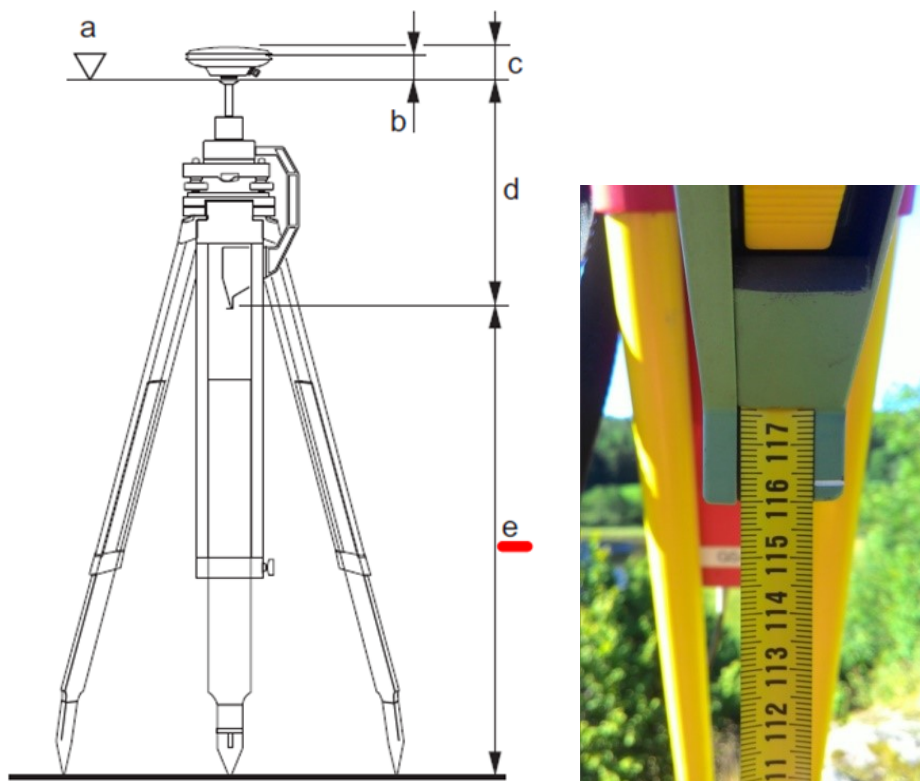
Meranie na referenčných bodoch prebiehalo celý meračský deň a preto bolo potrebné zabezpečiť chod aparatury na dobu dlhšiu ako výdrž interných batérií. Na tento účel bola použitá externá batéria GEB171. Je to veľká externá univerzálna NI-MH batéria 12V/8Ah.

Zmeranie a zaznamenanie výšky APR antény nad stabilizačnou značkou

Pre neskorší výpočet vektorov je nutné poznať výšku fázového centra antény (obr.??). Získanie výšky fázového centra môžeme rozdeliť na dve fázy, v prvej je nutné určiť (výšku) fázového centra b vo vnútri antény od určitého miesta na povrchu antény (ARP- Antenna Reference Reference Point). Túto fázu zabezpečuje výrobca, a hovoríme jej anténna odľahlosť (Antenna offset) . Druhú časť obvykle v geodézii označujeme ako meranie výšky prístroja e a je meraná bežným spôsobom. Výsledná výška antény vznikne súčtom týchto hodnôt.

Meranie výšky na referenčných bodoch prebehlo pomocou meracieho háku, ktorý je súčasťou aparatury. Tento hák sa upevňuje do trnu a následným rozvinutím meracieho pásma, ktoré je vo vnútri trnu odčítame na rýske hodnotu výšky. Táto hodnota sa v neskoršom spracovaní automaticky upraví o konšanty udávané výrobcom

pre získanie výšky fázového centra antény.

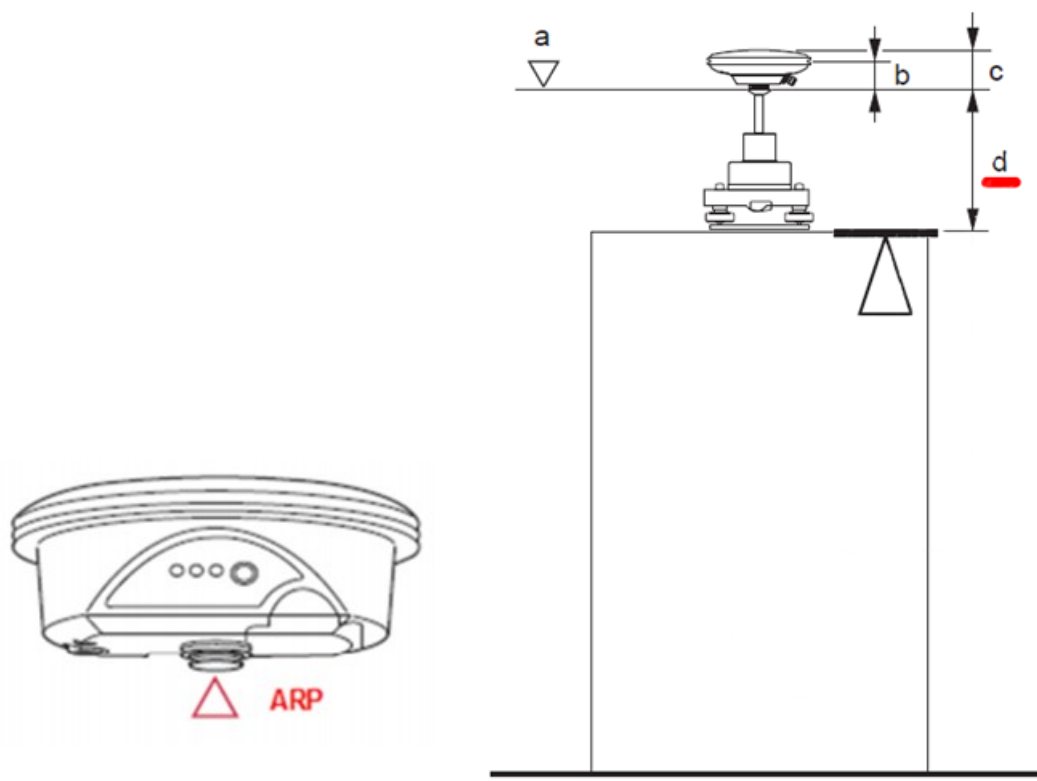


Obr. 46 Ukážka detailného záznamu merania výšky prístroja [36] [Autor]

a – rovina MRP, b – vertikálny ofset pro fázové centrum frekvence L1, c – vertikálny ofset pro fázové centrum frekvence L2, d – známá výška z uživatelského manuálu, e – měřená výška antény od roxoru po vodorovnou plochu třínožky

Určované body boli stabilizované železnými piliermi s kovovou platňou a šroubom v tejto platni. Meranie výšky prístroja prebiehalo odčítaním výšky na rozkladacom metri vo výške konca závitú na centračnom trní. Výšková úroveň a bola prenesená pomocou malej vodováhy (Obr. ??)

Výšky boli merané 6-krat na rôznych miestach základňovej kovovej platne. Polovica meraní prebehla pri založení aparatury a druhý polovica po ukončení observácie. Čím sa kontrolovalo neporušenie centrácie a horizontácie antény.



Obr. 47 Schéma merania výšky prístroja na bode stabilizovanom pilierom [36]

Vyplnenie poľného zápisníku

Vzor poľného zápisníku, a ukážky vyplnenia sú súčasťou prílohy??. Zaznávalo sa:

- informácie o projekte
 - dátum merania
 - elevačná maska
 - interval merania
 - evidenčné číslo prijímača (antény)
- informácie o bode
 - číslo bodu
 - meranie výšky
 - spôsob stabilizácie
 - čas začiatku a ukončenia observácie
 - fotografická dokumentácia
- doplňujúce poznámky

Fotografická dokumentácia

Na základe požiadaviek objednávateľa bola na každom bode vyhotovená fotodokumentácia (ukážka v prílohe??). Fotografická dokumentácia pozostávala z 3 fotografií:

- fotografia obzoru fotografovaná v smere zo severu na juh (južný obzor je bohatší na výskyt družíc, preto je pre GNSS podstatnejší)
- fotografia stabilizácie meraného bodu
- detail merania výšky (možná kontrola)

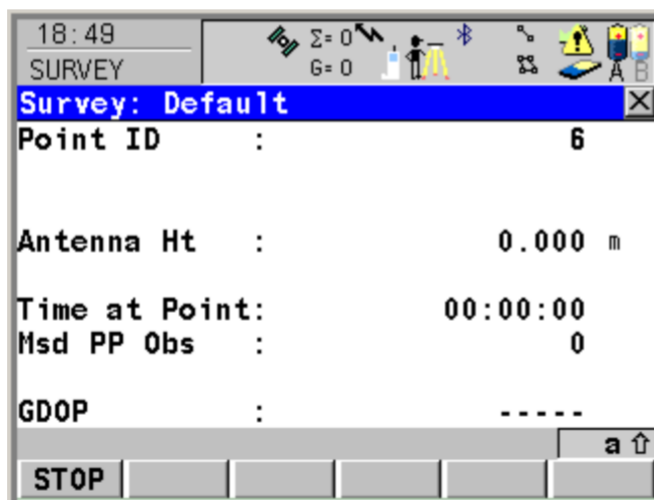
Nastavenie parametrov merania

Po zapnutí aparatury sme nastavili parametre:

- metóda- statická
- elevačná maska – (cut off angle) = 10°
- interval meraní – 5 sekúnd

Spustenie merania

Po nastavení merania, bolo potrebné zadať konkrétne hodnoty hodnoty viazané k meranému bodu. Išlo o názov bodu a výšku prístroja.



Obr. 48 Ukážka displeja kontrolera [36]

Po prijatí potrebného množstva dát prístroj určí fixovanú polohu, čo sa prejaví zankom kríža na ľavej strane hornej lišty.

Zostavy GNSS ostávali na bodoch bez aktívneho ľudského dozoru, keďže sa väčšinou nachádzali na území stavby s obmedzeným vstupom, alebo v ťažko prístupnom teréne. Úmyselné odcudzenie, alebo poškodenie zostavy bolo vysoko nepravdepodobné a teda táto skutočnosť nepredstavovala veľké riziko. Vďaka tomu mohlo meranie postupovať rýchlejšie.

3.3.4.3 Prenos údajov

Namerané údaje sú v pamäti prijímača v zhustenom formáte. Pre potreby nasledovného spracovania a preferencie spracovateľa sme dáta z prijímača prenášali vo formáte DBX. Tento formát obsahuje súbor viazaný k zakázke (job file), DTM jobs a GNSS surové dáta (raw data).

3.3.5 Výpočet vektorov a vyrovnanie siete

Spracovanie GNSS merania (GPS, GLONASS) prebiehal v software, firmy Leica, Leica Geo Office verzia 8.3.

Software Leica Geo Office (ďalej len LGO) je kompletný balík programov, ktoré umožňujú spracovanie dát po meraní, podporu merania v reálnom čase, správu dát a plánovanie merania. LGO teda umožňuje spracovať namerané dáta až do finálnej podoby vo forme súradníc určených bodov.

Avšak v projekte sa pre výpočet sieťového riešenia a teda aj výsledných súradníc použil software Gemini oppmålling, ktorý je časťou softwarového produktu Gemini spoločnosti Powel.

Výpočet nezávislých vektorov ako aj nasledovný postup bol rozdelený do dvoch fáz. Jednou je výpočet nezávislých vektorov základnej vytyčovacej siete s použitím bodov štátneho bodového poľa (Stamnett, Landsnett) ako referenčných a v druhej fáze výpočet vektorov vedľajšej vytyčovacej siete s využitím bodov štátneho bodového poľa a novo vypočítaných bodov základnej vytyčovacej siete ako referenčných.

Po výpočte vektorov nasledovalo testovanie presnosti vektorov, tvorba siete a testovanie výsledného sieťového riešenia v programe Gemini oppmålling. Tento proces pozostával z týchto krokov:

Testy presnosti pred vyrovnaním

Testy presnosti pred samotným vyrovnaním sa týkajú siete nezávislých vektorov získaných GNSS metódou, ktoré vytvárajú uzavreté obrazce. Test, ktorý sa zakladá hodnotení splnenia geometrických vzťahov v týchto obrazcoch je už súčasťou výpočtu v LGO. V softvare Gemini prebehol test hrubých chýb „Grovfeilsøk“.

Následne boli vypočítaná stredná chyba siete riešenej ako voľná a následne ako viazaná. Hdontiacim kritériom bola hodnota F-testu (F-rodelenie). Testovala sa hodnota F s hodnotou $F_{\alpha, n'}$. Hodnota hladiny významnosti α bola zvolená 0,05 a n' sa skladá z počtu stupňa voľnosti jednej a druhej zložky parametru.

$$F = \frac{\sigma_{\text{viazaná sieť}}^2}{\sigma_{\text{voľná sieť}}^2}$$

kde σ je stredná chyba. Na základe výsledkou sa volí použitie referenčných bodov vo vyrovnaní. Test sa opakuje do nesplnenia podmienky.

$$F \leq F_{\alpha, n'}$$

Vyrovnanie siete

Kedže je sieť zameraná výhradne metódou GNSS, môžeme ju považovať za homogénnu (meraniu sú prisúdené relatívne správne váhy). Vyrovnanie môžeme uskutočniť v priestorových pravouhlých súradniciach.

Vnútorňá presnosť siete

Poskytuje dobré odhady kvality veličín vstupujúcich do vyrovnaní, či odhaliť skryté hrubé chyby merania.

Vonkajšia presnosť siete

Údava výslednú presnosť a kvalitu siete. V tejto časti prebieha testovanie maximálnych odchýlok v polohe, vzdialenosti a uhle na jednotlivých bodoch s hodnotami udávanými v technických normách Nórska.

Výsledky vyrovnaní a testovania prvej siete – základná sieť

Pri testovaniach presnosti softwarom LGO bolo kvôli nevyhovujúcej kvalite prijatého signálu, spôsobeného fyzickými prekážkami na mieste merania (stromy, kríky) vyradený z výpočtov bod F38T0269.

Testom „Grøvfelsøk“ bol odstránený z merania len jeden vektor (na prílohe ?? je znázornený preškrtnutou zelenou šípkou). Vyrovnanie prebehlo a splnilo nároky na presnosť stanovené normou NS3580: BA-nett. Bod s najhoršou presnosťou bol bod 94V so strednou chybou v súradnici x (smer na sever - zobrazenie UTM) 3 mm, v súradnici y (západ) 2 mm a vo výške 7mm. Stredná jednotková chyba siete dosiahla hodnotu

Protokoly a vyrovnané súradnice sú súčasťou výsledných súradníc sú súčasťou príloh.

V

Identický postup bol zvolený aj pre vyrovnanie druhej vytyčovacej siete. Avšak dopad odstránenia bodu F38T0269 mal väčšie následky, pretože žiaľ nemohli byť domerané body vedľajšej siete v horšom geometrickom rozmiestnených simultanne merajúcich staníc. Výsledná absolútna presnosť siete vyšla porovnateľná ako výsledky v sieti základnej, avšak v testovaní vnútornej presnosti boli odhalené presahujúce hodnoty. Je to v dôsledku kratšej observačnej doby ako v sieti základnej, a nepremerania niektorých chýbajúcich vektorov.

V záverečných protokoloch dodávaných objednávateľovi je stručne zhrnutý popis prác. Spracovateľ bodovo vyjadruje kroky, ktoré viedli k výpočtu výsledných súradníc. Na záver navrhuje riešenie problému zistenej slabej vnútornej presnosti vedľajšej vytyčovacej siete. Keďže vedľajšia vytyčovacia sieť pozostáva z bodov pre vytyčovanie stavieb vyžadujúcich presné konštrukčné riešenie (krátke mosty, tunely) je doporučené premerať tie miesta klasikou terestrickou metódou pre zaručenie dostatočne veľkej relatívnej presnosti vytyčovacej siete. Záverečné protokoly sú priložené v tlačenej verzii a protokoly o vyrovnaní sú súčasťou elektronických príloh diplomovej práce.

3.4 Porovnanie Nórsko- Česká republika

Z porovnania projektov je patrné, že technologické postupy prác na tomto projekte a projektoch podobných je v princípe rovnaký. Vychádzajú z matematických a fyzikálnych zákonov a pravidiel, ktoré platia tak v Nórsku i v tuzemsku.

Líšiť sa však môžu a to vo faktoroch:

- prístrojové vybavenie,
- štandardy/normy/návody ovplyvňujúce presnosť merania.

Ak zanedbáme možnosť ľudského pochybenia a teda zlého výberu prístroja z hľadiska jeho presnosti, ktoré môže byť spôsobené či už nedbalosťou, alebo zlou prípravou, školením zamestnanca, tak je faktor výberu resp. použitia prístrojov závislý na finančných možnostiach prevádzkovateľa geodetických služieb. V tomto aspekte je situácia v Nórsku ďaleko priaznivejšia a pre absolventov českých škôl, či zamestnancov Českých firiem lákavejšia.

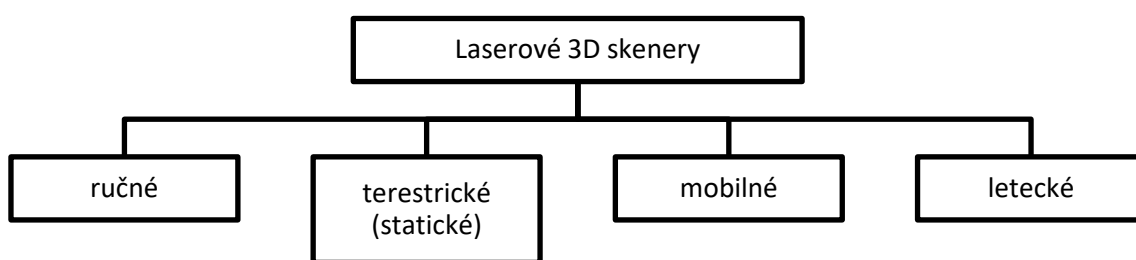
Štandardy regulujúcu tento typ zememeračskej činnosti sú vo všeobecnosti rovnaké, pretože GNSS metóda pracuje na báze satelitnej navigácie, ktorá je prístupná všade na Zemi. Merač sa teda riadi pokynmi výrobcu (Manuál), či štandardmi prezentovanými na rôznych odborných stretnutiach.

Snahou národných geodetických organizácií je vydávanie návodu pre používanie týchto novodobých meracích techník. Nórsky mapový úrad v roku 2009 vydal návod pre GNSS merania „SATELLITBASERT POSISJONSBESTEMMELSE“ k regulujú meracie časy apod. Avšak takýto postup sa nejaví ako ekonomický, pretože technologický vývoj zďaleka prevyšuje schopnosť publikovania celonárodných návodov.

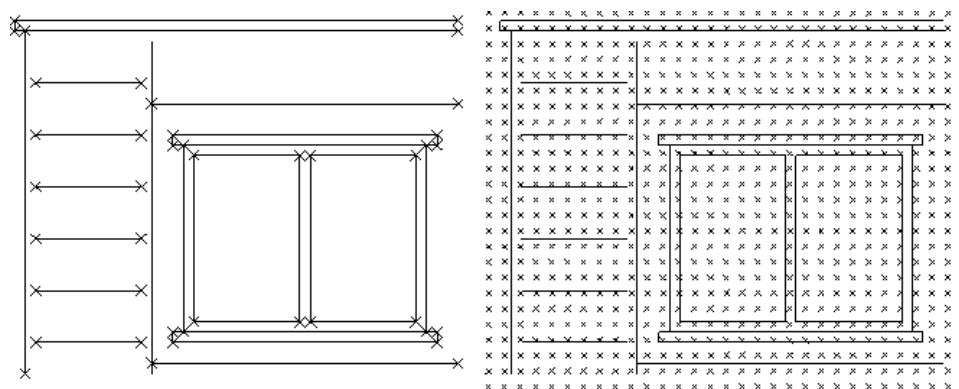
4 Projekt č.2 – aktualizovanie skutočného zamerania stavby tunelu

4.1 Laserscaning

Laserové skenovanie je neselektívna (obr. ??) bezkontaktná metóda určovania priestorových súradníc objektu, ktorá sa uskutočňuje automaticky na základe definovania nastavení laserového skenera. V nasledujúcej kapitole sa budem venovať problematike terestrických (statických) 3D laserových polárnych skenerov. Rozdelenie podľa umiestnenia skeneru dokladá nasledujúca schéma:

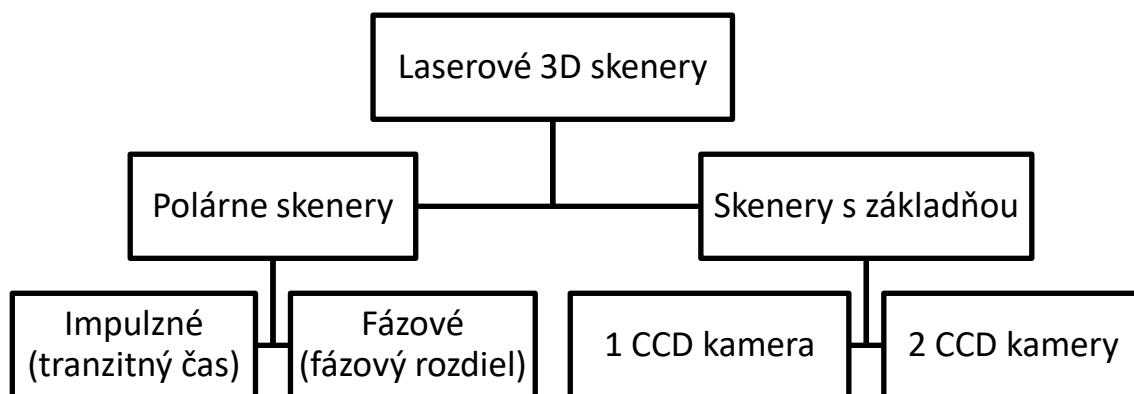


Obr. 49 schéma rozdelenia laserových skenerov [38]



Obr. 50 Schématické naznačenie rozdielneho merania totálnou stanicou a laserovým skenerom [38]

Podľa princípu zberu dát skenery delíme na:



Obr. 51 Schém rozdelenia laserový skenerov č.2 [38]

Výsledkom skenovania pomocou laserového skeneru je tzv. mračno bodov, čo je súbor bodov určených 3D súradnicami X, Y, Z, prípadne o hodnoty intenzity I vracaného signálu alebo textúre (farbe), ktorá môže byť určená integrovanou kamerou. [39]

Určovanie polohy bodu v skupine polárnych skenerov prebieha na princípe polárnej metódy. Šikmá dĺžka od skeneru k bodu je meraná bezhranovým diaľkomerom, ktorý je schopný merať až niekoľko milión bodov za sekundu. Diaľkomery sú najčastejšie:

- impulzné- meranie tranzitného času medzi vyslaním a príjmom odrazeného signálu
- fázové- meranie fázového rozdielu vyslanej a prijatej vlny

Najčastejšími metódami merania vodorovného a zenitového uhlu je v dnešnej dobe:

- z polohy natočenia kmitajúcich zrkadiel, alebo hranolov
- z natočenia servomotoru

ďalej podľa rozsahu týchto uhlov (zorné pole) môžeme skenery deliť na:

- kamerové
- panoramatické

Ďalej môžeme terestrické laserové skenery ďalej rozdeľovať nasledovne:

- podľa dosahu
 - s veľmi krátkym dosahom D1 (0,1 m – 2,0 m),
 - s krátkym dosahom D2 (2 m – 5 m),
 - so stredným dosahom D3 (10 m – 100m)
 - s dlhým dosahom D4 (100 m a viac)
- podľa presnosti
 - s vysokou presnosťou P1 (0,01 mm – 1,0 mm) – základňové skenery s malou základňou s dosahom D1

- s presnosťou P2 (0,5mm – 2,0 mm) - základňové skenery s veľkou základňou a polárne skenery s dosahom D2,
- s presnosťou P3 (2 mm – 6 mm) – polárne skenery s dosahom D3,
- s presnosťou P4 (10 mm – 100 mm) – polárne skenery D4
- podľa rýchlosti skenovania
 - s veľmi vysokou rýchlosťou R1 (viacej ako 100 000 bodov/s)
 - s vysokou rýchlosťou R2 (5 000 – 100 000 bodov/s)
 - so strednou rýchlosťou R3 (100 – 5 000 bodov/s)
 - s nízkou rýchlosťou R4 (menej než 100 bodov/s) [39]

Vplyvy ovplyvňujúce presnosť dát laserového skenovania

Presnosť skenovania je ovplyvnená mnohými faktormi, ktorých hlavné delenie je len a faktory vnútorné a vonkajšie. Medzi vnútorné patria chyby spôsobené meraním skeneru (vodorovné, zenitové uhly, dĺžky). Náhodná zložka tejto chyby je popísaná smerodatnými dochýlkami Systematický charakter majú excentricity podobné osovým chybám teodolitu, merania dĺžok, alebo merania uhlov. Tieto chyby je možné eliminovať len pomocou kalibrácie prístroja. Ďalším faktorom je divergencia laserového zväzku, ktorá môže viesť k nesprávnemu zmeraniu dĺžky. Medzi vonkajšie faktory patrí vplyv prostredia, v ktorom je uskutočňované meranie, geometria merania, povrch, tvar a materiál skenovaných objektov, alebo topológie meraného objektu vrátane jeho okolia. [39]

4.2 Laserscanning v ČR

Metóda Laserového skenovania našla využitie v mnohých dobách ako je stavebníctvo, lesníctvo, pamiatkarstvo, medicína, strojné inžinierstvo, automobilový priemysel atď. V tejto kapitole sa budem zaoberať výhradne aplikáciou laserového skenovania na úseku geodézie.

Súčasný stav využitia technológie laserového skenovania v ČR

Napriek tomu, že vlastnosti laseru sa využívajú v inžinierskej geodézii už niekoľko desaťročí, výrazný vzostup využitia laserového skenovania vo svete nastal až na prelome tisícročia.

História laserového skenovania v Českej republike sa datuje do konca minulého storočia. Základom bol výskum v oblasti laserov a modernej optiky na pôde ČVUT Praha a jedno z prvých praktických využití v banských podmienkach popisuje Švec, Vitula, 1986. Na prelome tisícročia sa využitie laserového skenovania rozšírili aj do stavebníctva a metóda sa stala nedielnou súčasťou geodetických metód, konkrétne v oblasti špeciálnej geodézie. V súčasnej dobe systémami laserového skenovania

disponuje rada väčších firiem zaoberajúcich sa geodéziou, geológiou, inžinierskymi stavbami, banským meraním atď. Geodetickým využitím metódy sú:

- zameriavanie zložitých technologických celkov,
- zameriavanie reálneho stavu stavebných konštrukcií (bodov, tunelov, mostov...)
- uplatnenie pri výstavbe dopravných stavieb
- rekonštrukcia dopravných stavieb
- topografické mapovanie terénnych úprav
- meranie v podzemných priestoroch
- topografické mapovanie terénnych útvarov
- dokumentácia pamiatok v oblasti architektúry a archeológie.

Laserové skenovanie patrí k najnovším metódam zberu priestorových dát. Napriek tomu, že už nejakú dobu je v praxi bežne využívané, stále nieje možné tvrdiť, že sa podarilo objaviť všetky praktické aplikácie tejto metódy.

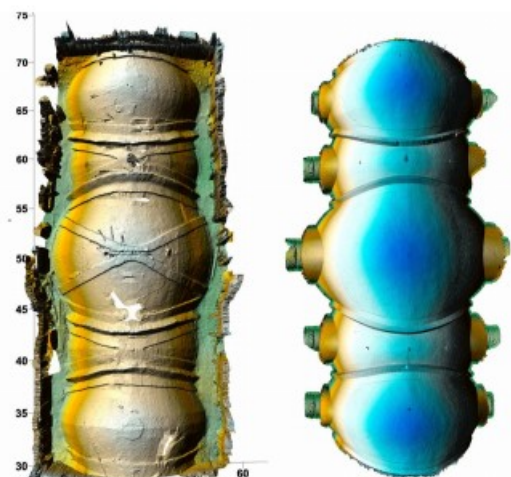
Na druhú stranu je dostupnosť a predovšetkým ekonomická náročnosť tejto technológie pomerne vysoká, čo spôsobuje, že stav využívania laserového skenovania v zahraničí je podstatne priaznivejší ako v tuzemsku.. Množstvo firiem však kvôli vysokým vstupným nákladom ďalej používa klasické metódy, ktoré sú náročnejšie či už na čas merania, spracovania alebo počet ľudí potrebných na nameranie. Z tohto dôvodu je využívanie metódy reprezentované zväčša prednými geodetickými firmami na českom trhu, alebo spoločnosťami špecializujúcimi sa na laserové skenovanie. Niektoré projekty vznikajú taktiež v spolupráci s akademickou pôdou (najmä katedra speciální geodézie na ČVUT v Prahe).

Niekoľko príkladov projektov z praxe

Zameranie kostola Nanebovzatie Panny Marie v Chrudimi realizované firmou Geovap s.r.o. Zadaním bolo zameranie a vyhodnotenie vonkajšieho plášťa krovu. Požadované výstupy boli 2D pôdorysy, pozdĺžne a priečne rezy krovov a 2D výkresy všetkých fasád a ortopohľady na mračno bodov jednotlivých stien fasád. Hustota skenovania bola priemerne 0,02 metra z prvlížne 55 stanovisiek. Celkom bolo zmeraných 65 miliónov bodov.

Zameranie klenby v kláštore paulánov v Nové Pace bolo takisto projektom firmy Geovap s.r.o. Zadávatel' požadoval výstup v podobe digitálneho modelu vrchnej a spodnej strany klenby a rezu klenby. Meranie spodnej časti klenby bolo výrazne jednoduchšie ako meranie vrchnej časti, na ktoré bolo použitých 24 vhodne

umiestnených stanovísk. Na prepojenie mračna bodov boli použité zavesné svietidlá kostola, ktoré prehádzali skrz klenbu.



Obr. 52 Vizualizácia 3D skenovania na projekte v ČR [39]

23

Projekty opísané vyššie boli publikované v zborníku (23) v roku 2009. Preto uvádzam aj niektoré projekty uskutočňované v súčasnosti.

Firma G4D

- Laserové skenovanie výrobnéj linky na spracovanie káblu v Chlumčanech (2017)
- Laserové skenovanie vodovodných rozvodov (2015)
- Laserové skenovanie bytového historického domu v centre Prahy (2015)

4.3 Meranie – Nórsko

Zadávatelom projektu bola Nórska súkromná stavebná firma One Nordic Kraftmontasje AS. Predmetom objednávky bolo skenovanie vnútra dvoch líniových tunelových stavieb. Pre účely tejto diplomovej práce som spracoval meranie jedného tunelu (Løkentunnelen), z dôvodu totožnosti postupu a princípu merania medzi týmito projektmi. Dĺžka tunelu je???

Skenovanie malo prebehnúť za účelom dokumentácie (zameranie skutočného stavu) novo realizovanej elektroinštalácie a vybavenia tunelu (káblové stropné siete, vzduchotechnika, osvetlenie, bezpečnostné prvky, označenia...). Podrobnejšie parametre zákazky boli dohodnuté ústne so zadávatelom projektu. Dokumentáciu malo doplniť aj podrobná fotodokumentácia, ktorá mala obsahovať každých 5? metrov fotografiu v smere postupu fotografovania a smere nad fotografované miesto.

4.3.1 Stručná charakteristika prístrojov a pomôcok

Faro Focus X330



Obr. 53 Laseorvý skener [37]

Po obrovskom predajnom úspechu firmy Faro s terestrickým skenerom Faro Focus 3D výrobca koncom roka 2013 predstavil jeho nástupcov. Jedným z nich je aj v projekte použitý Faro Focus X330. Nový model má zväčšený dosah a je možné s ním skenovať aj pri priamom slnečnom žiarení. Vylepšením je aj vstavaný laser sbezpečnostnej triedy 1 a GPS modul.

Základné technické špecifikácie X330:

- Dosah : 0,6 - 330 m
- Rýchlosť merania : 976 000 bodov/sekundu
- Zabudované senzory: GPS, kompas, altimeter, snímač náklonu
- Presnosť merania: $\pm 2\text{mm}$
- Redukcia šumu
- Intuitívne ovládania pomocou displeja
- Rozmery: 24 x 20 x 10
- Hmotnosť: 5,2 Kg
- Integrovaná farebná kamera (70 Mpx)
- Bezpečnostná trieda laseru 1

Vybavenie skenera:



Obr. 54 Vybava a komponenty laserového skenera [37]

- 1 transportný bezpečnostný kufor
- 2 AC power cable
- 3 nabijací kábel a externý zdroj energie
- 4 PowerBlock batéria
- 5 obal na pamäťovú kartu (karta v prístroji)
- 6 USB čítačka kariet
- 7 Quick Start Guide – príručka
- 8 DVD s softwarom SCENE

RRT systém

Súčasťou Scan Reference Systému, ktorý je vylepšením príslušenstva potrebného k laserovému skenovaniu. RRT systém sa skladá z meračských gúľ (ďalej len sfér z angl. sphere) a odrazného mini-hranolu. Na spodnej hrane každej zložky systému je magnetický držiak, ktorý umožňuje presúvanie jednotlivých častí medzi sebou, bez porušenia stabilizácie. V tomto projekte figurovalo 6 sfér a 1 mini-prism (odrazný mini-hranol).



RRT systém

Obr. 55 RRT systém [37]

5

Ďalšie použité prístroje a vybavenie:

- Totálna stanica Leica TS60
- GNSS prijímač – RTK
- Statív (6-krát)

4.3.2 Postup merania

Príprava stanovišiek pre skenovanie

Keďže by bolo neefektívne pri zameriavaní líniovej stavby stabilizovať, alebo dopredu zameriavať sieť meračských bodov, keďže sa jedná o jednorázovú meračskú aktivitu. Zameriavanie teda prebiehalo simultánne so skenovacími prácami. Tunelom sa popri sekenovaní viedol polygónový ťah, z ktorého hlavných bodov boli zameriavané

vlicovacie body pre účely skenovania. Orientovaný polygónový ťah bol orientovaný na body určené GNSS metódou RTK vo viacerých seansách.

Meranie s prístrojom Faro Focus X330

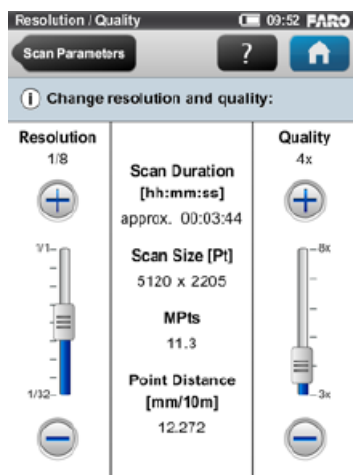
Po osadení prístroja na statív a zapnutí prístroja sa na displeji objaví interaktívne menu. Prístroj nieje potrebné dokonale urovnávať do vodorovnej hladiny, Focus X330 má zabudovaný duálny compensátor a skenované dáta automaticky vyrovnáva. Odporúčané je urovnávať prístroj ak je odchýlený od vodorovnej hladiny v ktoromkoľvek smere o viac ako 5°.

Pred spustením samotného skenovania je potrebné nastaviť skener, tak aby meranie splňovalo požiadavky zákazky. Nastavenia pred spustením sa delia na:

- nastavenie „Manage“ spravovanie (projekt, operátor)
- nastavenie parametrov merania

V záložke Manage založíme novú zákazku/prjekt kde sa budú ukladať dáta z merania a zvolíme ho ako aktívny. Takisto nadefinujeme označovanie súborov jednotlivých skenov. ďalej je tu veľká paleta rôznych nastavení či už nastavenie operátora, rôznych preddefinovaných skenovacích profilov, alebo nastavení batérie, displeja, jednotiek atď.

Nastavenie parametrov spočíva obzvlášť v nastavení rozlíšenia „Resolution“ a kvality skenu.



Obr. 56 Menu nastavení parametrov [37]

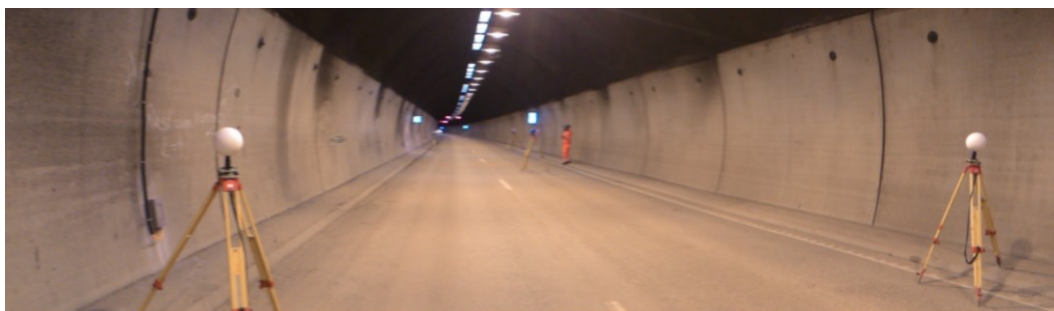
Výsledné hodnoty dĺžky merania „Scan Duration“ počtu vertikálnych a horizontálnych bodov „Scan Size (Pt)“ a vzdialenosti bodov „Point Distance (mm/10m)“ závisia od kombinácie nastavenia parametru rozlíšenia a kvality. Výsledný faktor „Point Distance“ udáva vzdialenosť v milimetroch meraných bodov navzájom od seba v desať metrovej

vzdialenosti od skenera. Hodnoty pri meraní projektu boli- Resolution = 1/5, Quality = 4x. Nastavenie znamenalo výsledné hodnoty:

- Scan Duration = 00:06:38 (hh:mm:ss)
- Pt = 8248x3414
- Point Distance = 7,670 mm/10m

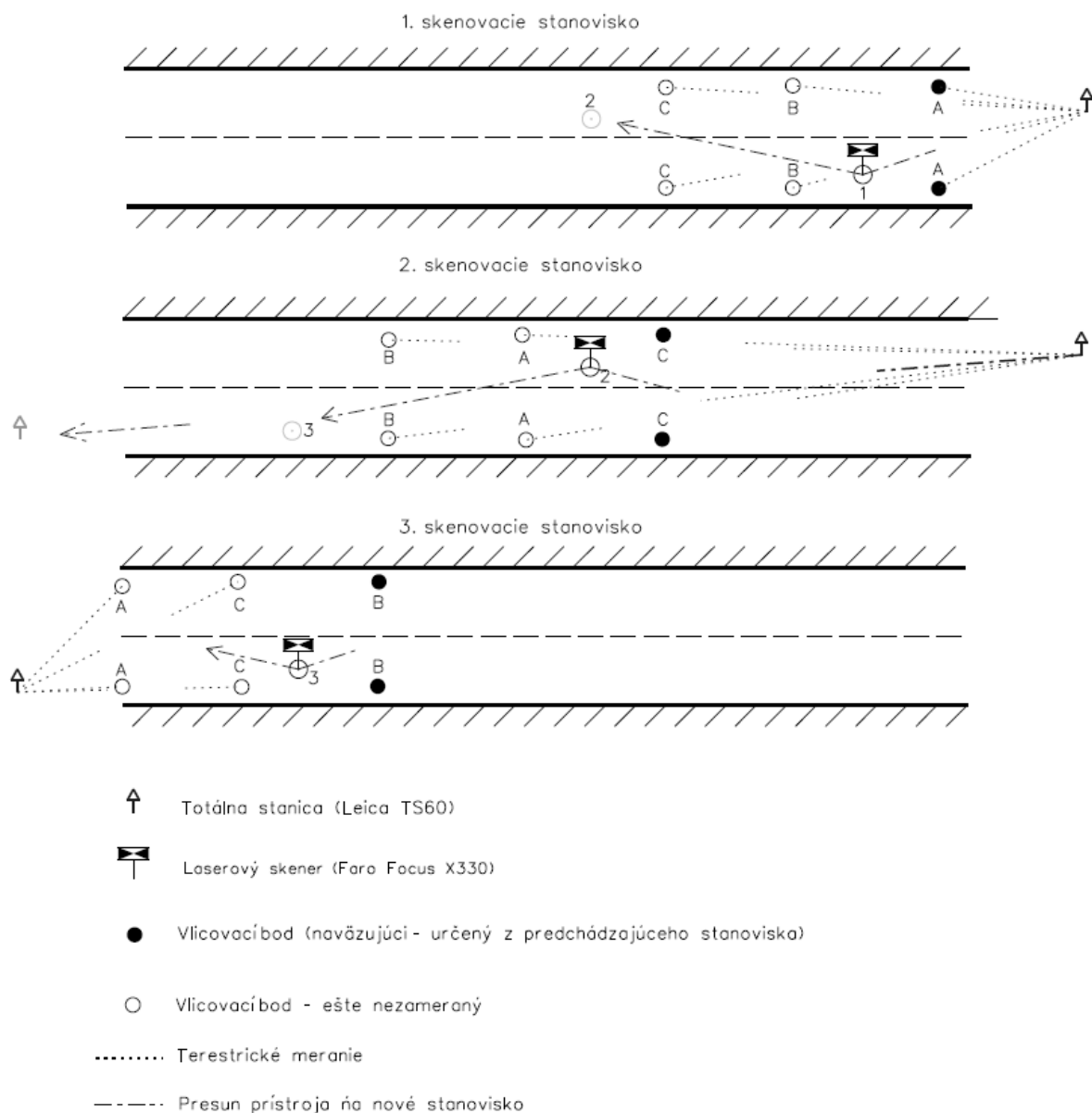
Týmto je skener pripravený k práci a môže byť zahájené skenovanie na danom bode tlačidlom „Start Scan“.

Vlicovacie body sme umiestňovali každých 15m a vzdialenosť centier jednotlivých skenov bola približne 30m. Vzdialenosti boli odhadované krokováním. Po dokončení skenovania na bode sa skener preniesol na nasledujúci spolu so štyrmi vlicovacími bodmi, tak aby medzi každým skenom boli dva spoločné body zmerané z oboch stanovísk (Obr. ??). Po spustení skenovania na novom bode boli postupne totálnou stanicou zamerané polohy centier sfér pomocou mini-hranola (systém RRT). Po skončení skenovania na bode sa opäť pristúpilo k premiestneniu, pričom každé nové centrum skenovania sa volilo na inej strane vozovky v tuneli. Bolo tomu tak z dôvodu lepšej viditeľnosti a zdokumentovaniu káblových sietí na stropnej časti tunelu, ktoré v strede zakrývala železná chránička. Postupný priebeh prác je naznačený v prílohe??.



Obr. 57 Fotografia z meracích prác v tunely (zdroj: autor)

Takýmto postupom bol naskenovaná celá dĺžka tunela spolu s okolím portálov.



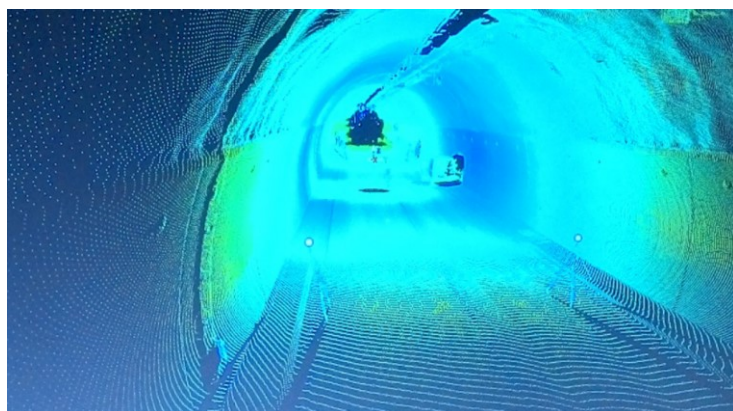
Obr. 58 Schéma meracieho postupu (zdroj: autor)

Spracovanie merania – software

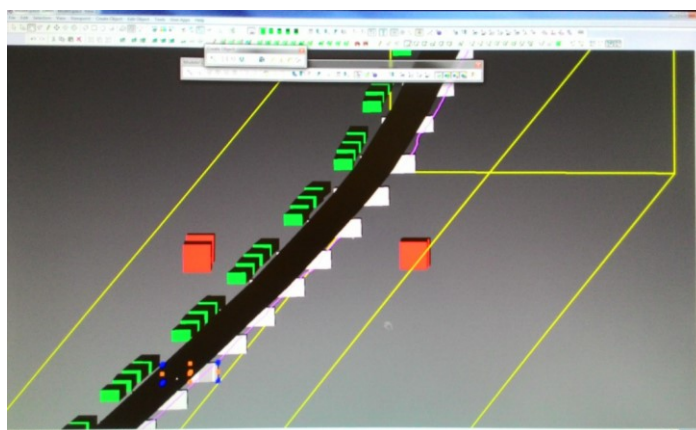
Na spracovanie nameraných údajov sme použili software Cyclone. Je to komplexný software od Leica Geosystems, pre riadenie skenovacieho procesu v teréne, spojovanie mračien bodov z rôznych stanovísk a umiestnenie do súradnicovej sústavy pomocou vlicovacích bodov. Ďalej slúži aj na spracovanie mračna bodov do 3D objektov, alebo export pre ďalšie spracovanie v CAD systémoch a pod.

Pre potreby zákazníka boli mračná bodov spojené a pripojené do súradnicového systému EUREF89 pomocou vlicovacích bodov. Z priestorovo orientovaného

a spojeného mračna bodov bol tvorený 3D model objektov, ktoré boli objektom zákazky tj. osvetlenie, výstražné prvky, značky, vzduchotechnika, telefónne skrinky, rozvodné skrine, stropná káblková sieť atď.



Obr. 59 Ukážka bodového mračna zobrazeného v softwary Cyclon (zdroj: autor)



Obr. 60 Ukážka tvorby 3D modelu v softwary Cyclon (zdroj:autor)

Konečným výstupom projektu bol 3D model povrchovej elektroinštalácie a vybavenia tunelu vo formáte *.dwg. Fotodokumentácia a prehľad všetkých zameriavaných objektov s číselným označením vo formáte *.xls. Ukážky výstupov sú v prílohách ??.

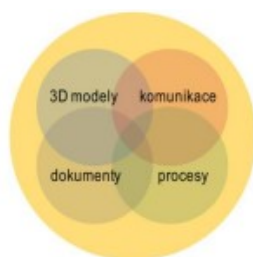
4.4 Porovnanie ČR a Nórsko

Laserscanning je metóda, ktorá je v Nórsku zažitá a jej užívanie v praxi je veľmi rozšírené. Naopak v Česku je síce táto metóda zberu dát známa už dlhšiu dobu výrazný vzostup jej používania zažívame až v posledných 10 rokoch. Je to takisto dôsledok pomerne vysokej finančnej náročnosti meracej techniky. Keďže jej použitie v teréne je

veľmi jednoduché na meračský postup, jej využitie sa v Nórsku, kde finančná náročnosť nepredstavovala až taký problém bolo rýchle a efektívne.

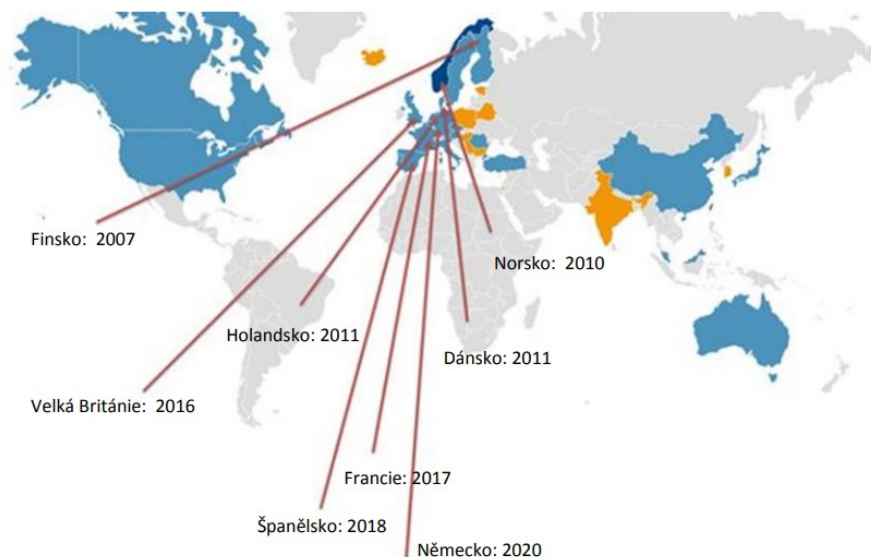
Využitie tejto technológie v budúcnosti predstavuje veľkú príležitosť pre mnohé geodetické firmy. Okrem klasikých meracích projektov opísaných v predchádzajúcich kapitolách je súčasné využitie laserového skenovania viazané aj na tvorbu modelov BIM.

BIM (Building infrastructure modell/modeling) je informačný model stavby.



Obr. 61 Schéma BIM (zdroj: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>)

Teoreticky je tento pojem známi už od roku 1974, ale jeho zavedenie do praxe môžeme badať až v posledných rokoch. Popredné miesto v tomto smere drží Nórsko, ktoré je už od roku 2010 súčasťou komisie ISO/TC59/SC13, ktorá riadi zavádzanie BIM do praxe.



Obr. 62 Prehľad krajín komisie ISO (zdroj: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>)

Modre vyznačené krajiny sú členovai ISO, žlté pozorovatelia a tmavomodré sú krajiny, ktoré majú za povinnosť využívať BIM na rôznych úrovniach. Nórsko má povinnosť tvoriť modely BIM pre štátne budovy nad určitú veľkosť určenú zákonom.

5 Dotazníkový výskum

Ako poslednú fázu získavania dát pre moju diplomovú prácu som si zvolil dotazníkový prieskum. Forma anonymného dotazníka umožňuje porovnať väčšieho množstva respondentov a zároveň zaručuje väčšiu variabilitu odpovedajúcich. Zvolil som interaktívny elektronický dotazník (na stránke www.survio.com), pre zjednodušenie vyplňania. Pre jeho ľahkú šíriteľnosť som dotazník vypracoval v anglickom jazyku. Dotazník som rozdelil na dve časti:

1. základné triediace informácie o respondentovi (vek, pohlavie, pracovné zameranie...)
2. skúsenosti a motivácia pre prácu v zahraničí

Dotazník som zverejnil v skupine (stránka Facebook.com) združujúcej geodetov z celého sveta, takže záber bol naozaj široký. Ďalej som dotazník posielal kolegom zo stáže, ktorý ho posielali následne ďalej.

5.1 Úvodné informácie

Výber respondentov bol náhodný, snažil som sa nijak nezameriavať na vekovú, sociálnu, či inú skupinu. Dohromady dotazník vyplnilo 34 respondentov, ale len 28 odpovedí bolo použiteľných, ostatné som musel z výskumu vyradiť (respondenti pochádzajúci z iných krajín ako bolo požadované a iné dôvody). Na základe dotazníku môžem povedať, že odpovedali respondenti vo veku od 23 do 48 rokov a rozloženie približne kopíruje Gaussovu krivku.

Približne 75% respondentov bolo mužov, čo približne korešponduje z pomerom mužov a žien pracujúcich v teréne. Pracovné zameranie opýtaných jednoznačne ukazuje na väčšinové zameranie v oblasti stavebných prác. Až 90% pracuje/ pracovalo na stavebnom projekte, rozloženie ďalších pracovných zameraní neukázalo žiadne väčšie odchylky (veľmi presné práce, laserscanning, fotogrametria, GIS, mapovanie, banská geodézia). Z toho vyplnilo rozloženie používaných systémov a softwarov a prístrojov.

Pre hodnotenie diverzity vzorku opýtaných som zisťoval z akej firmy respondent pochádza. Preukázalo sa, že sa nejedná o respondentov z jednej firmy, čo by mohlo ovplyvniť výsledky skúmania. Dohromady boli opýtaný z ôsmich firiem.

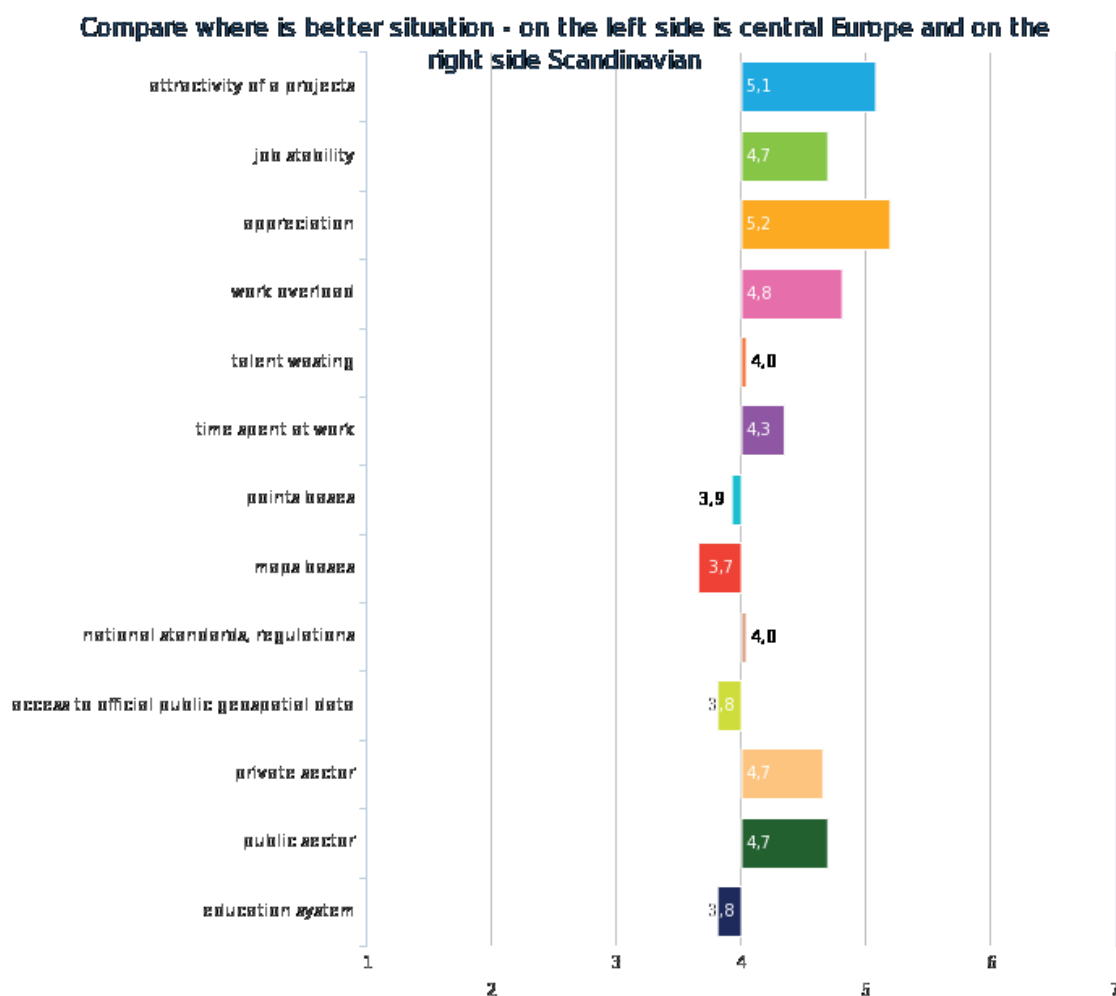
Respondenti pochádzali z Česka, Slovenska, Poľska, Chorvátska a Rumúnska a všetci pracujú v Škandinávií. Pre väčší objem získaných odpovedí som sa rozhodol nepoužiť na porovnanie len Česko a Nórsko, ale rozšíriť to na krajiny strednej Európy verzus krajiny Škandinávie. Tieto krajiny majú spoločné znaky týkajúce sa vzdelávania, kultúry a ekonomickej situácie.

5.2 Skúsenosti a motivácia pre prácu v Škandinávii – vyhodnotenie

Relevantnosť vzorky som overoval na základe otázok či daný opýtaný hľadal prácu doma a následne, či doma pracoval ako geodet. Výsledky sa približne zhodovali a približne 85% opýtaných pracovalo aj v domovskej krajine.

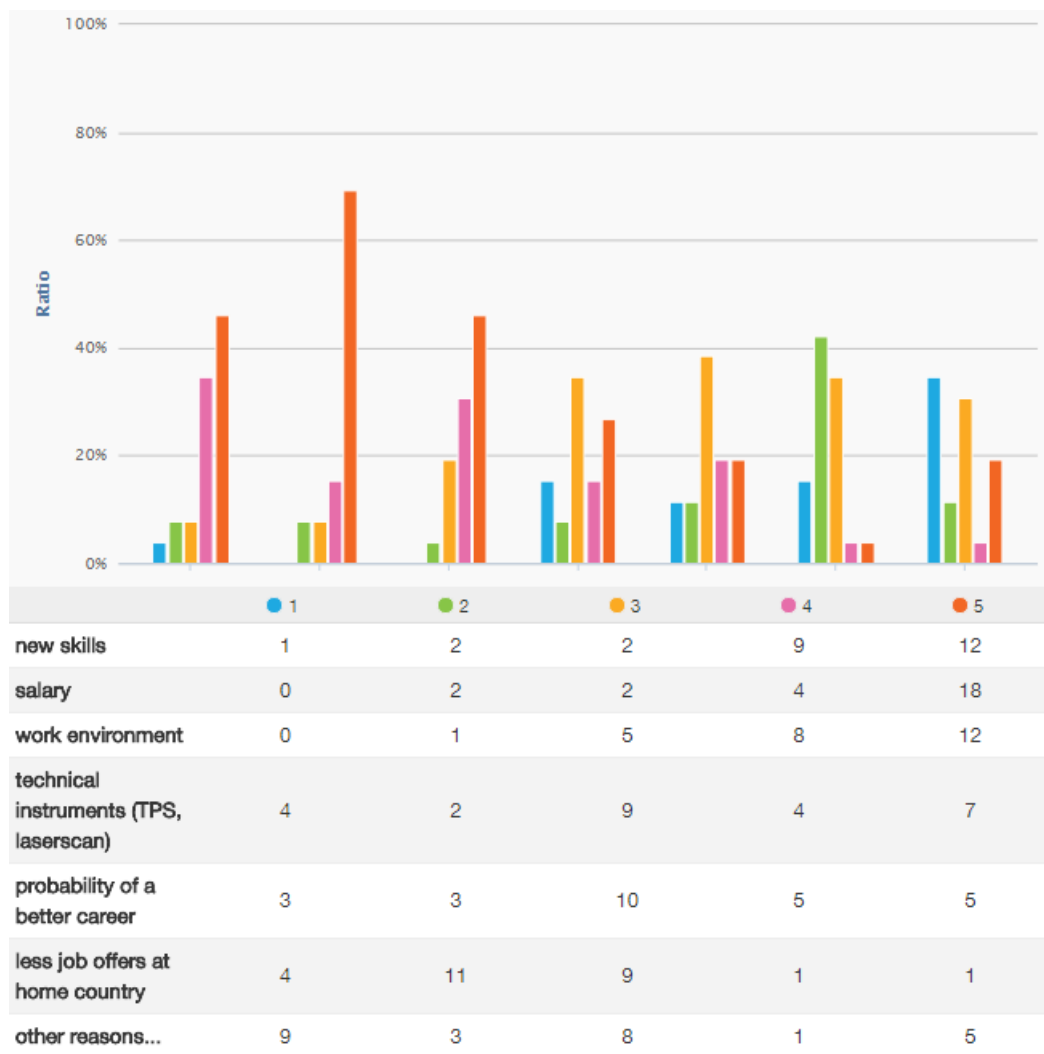
Ako najväčšie pozitívum práce v Škandinávskych krajinách sa ukázalo uznanie dôležitosti práce a jej ohodnotenie, nie však finančné, ako skôr uznanie zamestnávateľom a taktiež širokou verejnosťou. Na druhom mieste je pre pracujúcich geodetov atraktivita projektov respektíve ich zaujímavosť. Tento fakt je pravdepodobne podmienený výrazne lepšou ekonomickou situáciou Nórska a teda väčším množstvom veľkých (nadnárodných) projektov. Pozitívne pre Nórsko sa ukázala aj stabilita zamestnania a taktiež nepreťažovanie zamestnancov, ako to zrejme pociťovali v domovskej krajine. Veľmi pozitívne vyšlo pre Škandináviu takisto hodnotenie verejného a súkromného sektora geodézie. Súkromný sektor je konkrétne v Nórsku zameraný veľké geodetické firmy, ktoré vlastnia dostatočný kapitál na najmodernejšie technické vybavenie.

Pozitíva pre Česko videli respondenti hlavne v mapových podkladoch, geodetických základoch, v prístupe k dátam a vo vzdelávacom systéme. Edukačnému systému v Škandinávii som sa nevenoval, preto by som potreboval ďalšie množstvo informácií pre objektívne vyhodnotenie.



Obr. 63 Graf- otázka na tému spokojnosti zamestnanca

Motivačné faktory, ktoré vyplynuli z dotazníku boli rôznorodé. Najvýraznejším a nespochybniteľným faktorom je však vyšší plat. Zaujímavé bolo, že rozhodnutie geodetov pracovať v Škandinávií ovplyvňovalo aj to, že bolo možné sa priučiť novým postupom, systémom a technológiam. Výrazný bol tiež vplyv príjemného pracovného prostredia, čo dokázalo, že okrem platu sú okrem platu čím ďalej tým dôležitejšie pracovné benefity. Najmenší vplyv na respondentov mala nedostatočná ponuka práce v domovskej krajine.



Obr. 64Graf- výsledek otázky motivácie zamestnanca (Zdroj:autor)

5.3 Záver vyhodnotenia dotazníkového prieskumu

Záverom dotazníka som zisťoval taktiež vôľu ostať v zahraničí. Napriek rôznym výhodám a celkovej spokojnosti je až 70% respondentov rozhodnutých , vrátiť sa v horizonte do päť rokov do svojej domovskej krajiny, zväčša kvôli rodinnému a osobnému zázemiu. V tomto fakte vidím pozitívum pre české firmy, ktoré budú môcť čerpať z nazbieraných skúseností týchto geodetov v zahraničí. Je preto potrebné aby České (resp. iné domáce firmy) vytvorili vhodné pracovné podmienky pre týchto vracajúcich sa geodetov. Skúsenosti nadobudnuté v zahraničí obzvlášť v krajinách ekonomicky silnejších môžu byť prínosné pre české firmy, pretože je pravdepodobné že technológia a technologické postupy používané tam k nám dorazia v krátkej dobe.

Záver

Cieľom diplomovej práce bolo porovnať prácu geodeta v Nórsku a Českej republike. Obsahom práce je získanie čo najobjektívnejšieho pohľadu na situáciu geodézie a kartografie v Nórsku a v Českej republike a jej následné porovnanie.

Postup môžeme rozdeliť na 3 časti. Porovnanie zázemia geodézie (odlišnosti ranej histórie až k porovnaniu súčasnosti), opis konkrétnych projektov uskutočňovaných na jednej strane mnou v Nórsku na strane druhej projektov podobného zamerania lokalizovaných v Českej republike. A v závere, pre posúdenie objektívnosti mojich záverov k jednotlivým častiam som realizoval dotazníkové meranie.

V prvej sa snažím porovnať situáciu geodézie ako celku v jednotlivých krajinách. Vychádzam pritom z znalostí nadobudnutých obzvlášť štúdiom v teoretickej oblasti (publikácie, internetové zdroje atď.). Výsledné porovnanie prvej časti pozostáva zo spojenia vyhodnotenia historického vývoja a súčasného stavu geodézie. Záverom je súhrn podobností a odlišností jednotlivých krajín na úseku geodézie a kartografie z komplexného hľadiska.

Druhá časť pozostávala z porovnania dvoch konkrétnych projektov – GNSS zameranie vytyčovacej siete stavby a Laserové skenovanie – aktualizácia skutočného prevedenia stavby tunelu. Porovnaním som zistil vysokú podobu technických postupov prác, avšak rozdiely v používaných technológiách a možnostiach.

Dotazníkový prieskum realizovaný pre účel potvrdenia názorov a tvrdení, ktoré v záveroch jednotlivých kapitol prezentujem.

Práca je vyhotovovaná v snahe o čo najobjektívnejšie zhodnotenie, ktoré však nikdy nebude úplne objektívne. Využitie práce vidím v možnosti prípravy študentov, zamestnancov, ktorý sa rozhodnú pre prácu / pracovnú stáž v Nórsku, alebo v Škandinávií všeobecne, ich zoznámenie s prostredím geodézie a lepšej príprave na nové prostredie.

Záverom chcem zdôrazniť pozitívne aspekty práce geodeta v Nórsku. Vďaka ekonomickej situácii v Nórsku, je pre mnoho geodetov čoraz viac zaujímavá práca v cudzine, netreba v tom vidieť však negatívum. Naopak, je vďaka informácií získanej z dotazníka má viac ako 70% pracovníkov plán vrátiť sa kvôli kultúrnym a najmä sociálnym aspektom do domovskej krajiny. Po absolvovaní praxe v zahraničí je pravdepodobnosť, že takýto človek je zdatnejší v schopnostiach používania modernejšie meracích a iných technológií a takisto v jazykovom smere. Tento aspekt je pre geodeta dôležitý v dobe globalizácie a obrovských možnostiach medzinárodnej spolupráce.

Zoznam použitej literatúry:

- [1] HARSSON, Bjørn Geirr. *Verneplan for kart og oppmåling*. Hønefoss: Idéverkstedet, 2011. ISBN 978-82-7945-045-0. Dostupné z: <https://www.kartverket.no/globalassets/fakta-om-norge/verneplan-for-kart-og-oppmaling.pdf>.
- [2] HARSSON, Bjørn Geirr a Bjørn Ragnvald PETTERSEN. Two centuries of geodesy in Norway. *KART OG PLAN* [online]. 2014, 1-2014, (1), 6-15 [cit. 2018-05-18]. ISSN 0047-3278. Dostupné z: <http://www.kartogplan.no/Artikler/KP1-2014/Noen%20trekk%20fra%20geodesiens%20utvikling%20i%20Norge.pdf>
- [3] ZADRAŽIL, Tomáš. Vasilij Jakovlevič Struve a odraz jeho díla ve filatelii. *Geodetický a kartografický obzor* [online]. Praha: Centrum excellence Telč, 2018, 23. 5. 2017, 64/106(1), 5-13 [cit. 2018-05-18]. ISSN 1805-7446. Dostupné z: http://egako.eu/wp-content/uploads/2018/01/gako_2018_01.pdf
- [4] <https://www.kartverket.no>: Referanserammer for Noreg (Referenčné systémy Nórska) [online]. 2018-10-16 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://kartverket.no/Kunnskap/Kart-og-kartlegging/Referanseramme/>
- [5] *Kurs i matrikkelføring Den norske eiendomsregistreringens historie*. 2015. Dostupné také z: <https://www.kartverket.no/globalassets/matrikkel/kurs/forkurs/pdf/2-den-norske-eiendomsregistrerings-historie.pdf>
- [6] KARTVERKET. Historia om Noreg 1:50 000. *Kartverket.no* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.kartverket.no/Kart/Norge-150-000/>
- [7] ČÚZK. Historie a význam zeměměřictví. *Cuzk.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://cuzk.cz/Zememerictvi/Historie-a-vyznam-zememerictvi.aspx>
- [8] MARŠÍK, Zbyněk. *DĚJINY ZEMĚMĚŘICTVÍ*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1998. ISBN 80-214-0972-X.
- [9] ČADA, Václav. *Přednáškové texty z Geodézie: Kapitola 3. Geodetické základy*. Dostupné také z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch03.html>
- [10] PLÁNKA, Ladislav. *Dějiny zeměměřictví: Vývoj české kartografie (do roku 1918)* [online]. Brno, 2014 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/Historie_Cesko.pdf
- [11] *Staré mapy Českých zemí* [online]. 2000 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.oahshb.cz/staremapy/index.htm>

- [12] MÁTL, Pavel. *Využití systému WGS 84 pro katastrální mapování*. Plzeň, 2006. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Prof. Ing. Josef Kabeláč, Csc.
- [13] ČÚZK. *Geodetické základy na území ČR - doplňující informace* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Zememerictvi/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR/Informace-o-geodetickych-zakladech/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR.aspx>
- [14] SÁLOVÁ, Eva. *Mapování: Vývoj výškových základů na území České republiky*. 2008. Dostupné také z: <http://spszem.cz/storage/files/65/map1-2-sa-poz.pdf>
- [15] *Geolab.cz: oldmaps* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: http://oldmaps.geolab.cz/map_root.pl?lang=cs&map_root=1vm
- [16] ČÚZK. *Geografické podklady* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://cuzk.cz/Zememerictvi/Geograficke-podklady/Geograficke-podklady.aspx>
- [17] KARTVERKET. *Om Kartverket* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://kartverket.no/Om-Kartverket/>
- [18] KARTVERKET. *Geodesidivisjonen* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://kartverket.no/Om-Kartverket/Kartverket/Geodesidivisjonen/>
- [19] SZATMÁRI, Daniel a Margita VAJSÁBLOVÁ. ROZŠÍRENIE ZOBRAZOVACÍCH ROVNÍC MERCATOROVHO TRANSVERZÁLNEHO VALCOVÉHO ZOBRAZENIA. *Kartografické listy / Cartographic letters* [online]. 2012, , 47-54 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://gis.fns.uniba.sk/kartografickelisty/archiv/KL20/5.pdf>
- [20] KARTVERKET. *EUREF89 NTM (Norsk Transversal Mercator) sone 5 - 30: Innledning* [online]. In: . [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://kartverket.no/globalassets/posisjonstjenester/euref89ntmbeskrivelse.pdf>
- [21] KARTVERKET. *Standarder for geografisk informasjon* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://kartverket.no/geodataarbeid/Standarder/Standarder-for-geografisk-informasjon/>
- [22] KARTVERKET. *Ta i bruk NN2000* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://kartverket.no/Posisjonstjenester/bruke-referanserammer/ta-i-bruk-nn2000/>
- [23] KARTVERKET. *Nytt høydesystem NN2000* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://kartverket.no/geodataarbeid/Geovekst/Hoydegrunnlag/>

- [24] KARTVERKET. *Landheving i Norge* [online]. 11.12.2015 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://kartverket.no/Kunnskap/Klimaforskning/Landheving-i-Norge/>
- [25] KARTVERKET. *HREF høydereferanse-modell* [online]. 08.02.2018 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://kartverket.no/Posisjonstjenester/HREF/>
- [26] ISG. *ISG International Service for the Geoid: Services - Geoid Repository - Regional Models by map* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: http://www.isgeoid.polimi.it/Geoid/geoid_rep.html
- [27] *Předpisy: Právní předpisy v oboru zeměměřictví a katastru* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Predpisy.aspx>
- [28] *NÁVOD PRO SPRÁVU GEODETICKÝCH ZÁKLADŮ ČESKÉ REPUBLIKY*. Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK), 2015. ISBN 978-80-86918-86-0.
- [29] ŠVÁBENSKÝ, Otakar, Josef WEIGEL a Radovan MACHOTKA. *SEMINÁŘGPS: Metodika GPS měření a vyhodnocení*. Brno, 2007.
- [30] ŘÍHA, Jan. *Moderní přístrojová technika: Vybrané kapitoly: GNSS Praha*. Praha, 2014.
- [31] KRATOCHVÍL, Vlastimil a Jan FIXEL. *GLOBÁLNÍ SYSTÉM URČOVÁNÍ POLOHY - GPS: Využití v geodézii*. S-2180/2. Brno: Vojenská akademie v Brně, 2001.
- [32] BUDAY, Michal. *MĚŘENÍ POSUNŮ A PŘETVOŘENÍ ŽELEZNIČNÍHO OBJEKTU*. Brno, 2013. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Prof. Ing. Otakar Švábenský, CSc.
- [33] *GPS: Space segment* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- [34] *Glonass* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/index.php>
- [35] SOBEK, Josef. *GNSS měření posunů v síti Sněžník*. Brno, 2013. Diplomová práce. Fakulta stavební VUT. Vedoucí práce Prof. Ing. OTAKAR ŠVÁBENSKÝ, CSc.
- [36] LEICA GEOSYSTEMS. *Leica GPS1200 System: Field Manual*. Dostupné z: <http://surveyequipment.com/assets/index/download/id/310/>
- [37] FARO® Laser Scanner Focus3D X 330 Manual, 2015
- [38] BARTŮNĚK, Jan. *Testování odšumění a rozlišovací schopnosti dat 3D skenování*. Praha, 2015. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. Petr Jašek.

[39] BREJCHA, Marcel, Vladimír BRŮNA, Zdeněk MAREK a Bára VĚTROVSKA. *Metodika 3D dokumentace a vizualizace interiérů památkových objektů*. Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, 2015. ISBN 978-80-85036-61-9.

Zoznam obrázkov:

Obr. 1- Wangensteenova mapa Nórska [1].....	11
Obr. 2 - Ukážka stabilizácie trigonometrických bodov okolo roku 1860 [1]	13
Obr. 3 - Schéma Struveho stupňového merania a triangulačnej siete [3].....	14
Obr. 4 - Schéma triangulácie južnej časti Nórska [2]	15
Obr. 5- Gauss-Krügerovo zobrazenie (NGO 1948) [4]	15
Obr. 6 –Prehľad postupného rozširovania siete trigonometrických bodov 1. rádu [1]...	16
Obr. 7- Výrez mapy 1. katastrálneho mapovanie (Økonomisk kartverk 1805-1818) [5]	19
Obr. 8 - Ukážka – Amtskart (1823-1917) [1]	19
Obr. 9- Ukážka – Regtangelkart [1].....	20
Obr. 10 - Ukážka gradteigskart [1]	20
Obr. 11 Výrez z mapy katastrálneho mapovania (1960-2002) [5]	21
Obr. 12 - Ukážka vektorovej mapy N50kartografickej databáze [6].....	22
Obr. 13- Ukážka námornej mapy (sjøkart) [6]	22
Obr. 14- Výrez Klaudyánovej mapy z roku 1518.....	23
Obr. 15 - Komenského mapa Moravy z roku 1680 podľa rytiny z roku 1627[11].....	24
Obr. 16- Helwigova mapa Sliezka (1655) [11].....	24
Obr. 17 Súradnice stabilného katastru [12]	26
Obr. 18 Jednotná trigonometrická sieť I. rádu a spôsoby stabilizácie trigonometrických bodov [12].....	28
Obr. 19 Astronomicko-geodetická sieť [12].....	29
Obr. 20 Vývoj geodetických systémov na území ČR [8]	30
Obr. 21 Müllerova mapa Čiech (1720) [15]	32
Obr. 22 Obr. 21 Detail- Müllerova mapa Čiech (1720) [11].....	32
Obr. 23 Výrez mapy I. Vojenského mapovania [15].....	33
Obr. 24 Výrez mapy II. Vojenského mapovania [15].....	34
Obr. 25 Výrez mapy III- Vojenského mapovania [15]	34
Obr. 26 Ukážka špeciálnej mapy 1:75 000[15]	35
Obr. 27 Christopher Hansteen (1784-1873) (zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Christopher_Hansteen)	38
Obr. 28 Ing. Josef Křovák (1884-1951) (zdroj: http://spszem.cz/storage/files/51/ing-josef-krovak.pdf).....	38
Obr. 29 - UTM zobrazenie na území Nórska [19].....	42
Obr. 30 Prehľad pásem zobrazenia NTM (modrá) a pásem UTM (červená) (zdroj: www.norgeskart.no).....	43
Obr. 31 Grafický prehľad rozdielov výšok medzi NN1954 a NN2000.....	45
Obr. 32 Izostatický výzdvih (ročná zmena výšky) [24].....	46
Obr. 33 Model kvázigeoidu NKG2015 [26]	47
Obr. 34 Schéma rôznych výškových druhov	51
Obr. 35 Kvázigeoid na území ČR [26]	52
Obr. 36 Ukážka geodetických informácií o nielačnom bode (zdroj: ČUZK).....	55
Obr. 37 Ukážka geodetických údajov o bode (zdroj: ČUZK)	55
Obr. 38 Schéma správy Kartverket (zdroj: www.kartverket.no)	56

Obr. 39 Realizácia ITRF v Európe (zdroj: https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/ITRF/map/itrmap.html)	61
Obr. 40 Multi-path [32]	67
Obr. 41 Tabuľka - vplyv chýb na meranie GNSS[31].....	68
Obr. 42 Schéma zamerania stanovísk a vypočítaných elíps stredných chýb.....	71
Obr. 43 Aparatúra Leica GPS system 1200 [36]	73
Obr. 44 Anténa ATX 1230 GG [36]	74
Obr. 45 Ukážka stabilizácie na referenčnom bode (zdroj:autor)	76
Obr. 46 Ukážka detailného záznamu merania výšky prístroja [36] [Autor].....	78
Obr. 47 Schéma merania výšky prístroja na bode stabilizovanom pilierom [36].....	79
Obr. 48 Ukážka displeja kontrolera [36].....	80
Obr. 49 schéma rozdelenia laserových skenerov [38]	85
Obr. 50 Schématické naznačenie rozdielneho merania totálnou stanicou a laserovým skenerom [38]	85
Obr. 51 Schém rozdelenia laserový skenerov č.2 [38]	86
Obr. 52 Vizualizácia 3D skenovania na projekte v ČR [39]	89
Obr. 53 Laserový skener [37]	90
Obr. 54 Výbava a komponenty laserového skenera [37]	91
Obr. 55 RRT systém [37].....	92
Obr. 56 Menu nastavení parametrov [37]	93
Obr. 57 Fotografia z meracích prác v tunely (zdroj: autor)	94
Obr. 58 Schéma meracieho postupu (zdroj: autor)	95
Obr. 59 Ukážka bodového mračna zobrazeného v softvare Cyclon (zdroj: autor)	96
Obr. 60 Ukážka tvorby 3D modelu v softvare Cyclon (zdroj:autor)	96
Obr. 61 Schéma BIM (zdroj: https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepcie-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf)	97
Obr. 62 Prehľad krajín komisie ISO (zdroj: https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepcie-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf)	97
Obr. 63 Graf- otázka na tému spokojnosti zamestnanca	100
Obr. 64 Graf- výsledok otázky motivácie zamestnanca (Zdroj:autor)	101
Obr. 65 Stabilizácia meračského bodu (autor).....	112
Obr. 66 Južný obzor (autor)	112
Obr. 67 detailné meranie výšky prístroja (autor)	113

Zoznam príloh:

Príloha č.1	Prehľad jednotlivých referenčných súradnicových systémov v Nórsku
Príloha č.2	Prehľadka vypočítaných vektorov v základnej vytyčovacej sieti
Príloha č.3.....	Ukážka potrebnej fotodokumentácie pre projekt zamerania účelovej geodetickej siete GNSS statickou metódou
Príloha č. 4	Ukážka vyhotoveného 3D modelu elektroinštalácie a iných zadaných objektov vo vnútri tunelu Løkentunnel
Príloha č.5	Dotazník

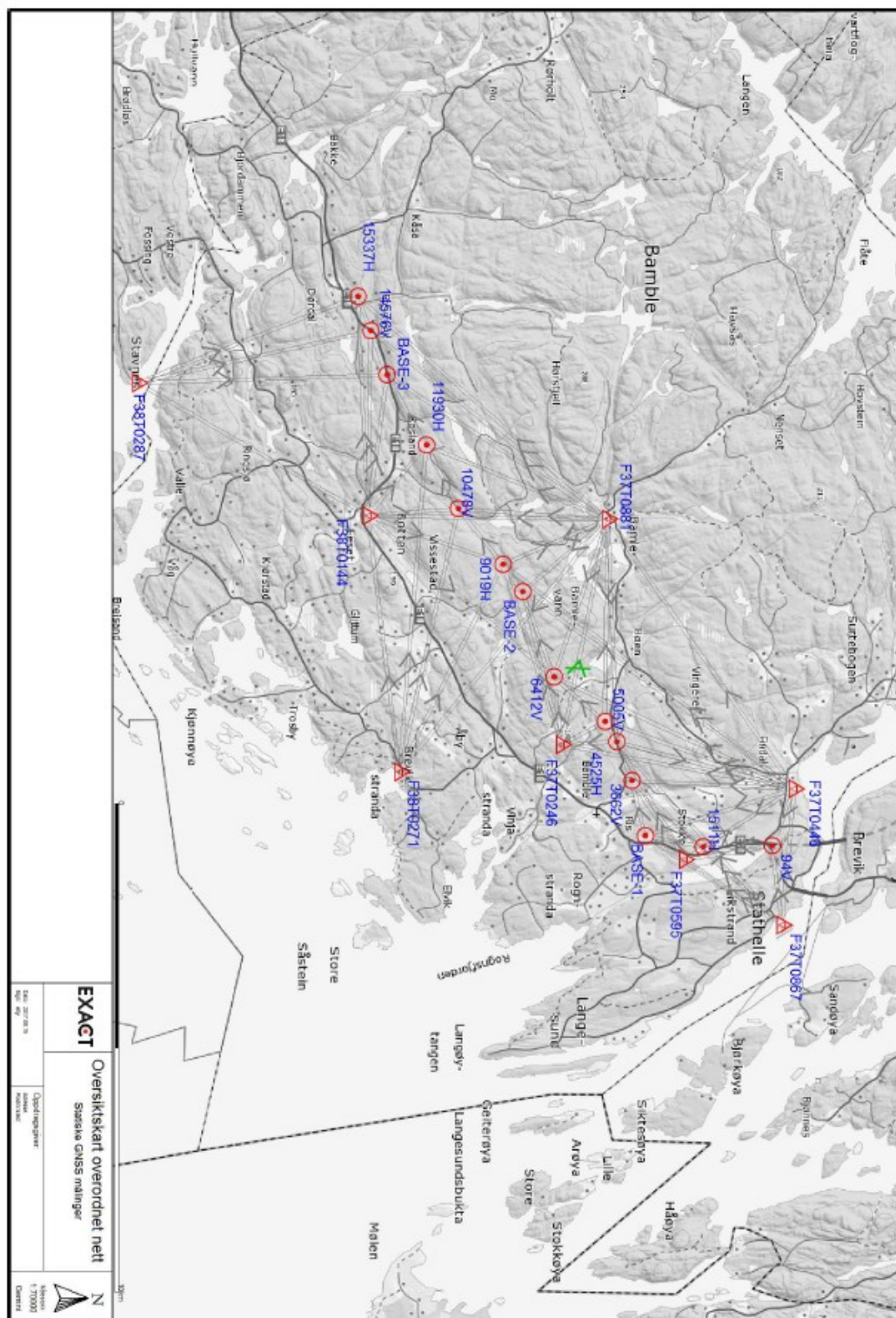
Príloha č.1 – Prehľad jednotlivých referenčných súradnicových systémov v Nórsku

Súradnicový referenčný systém		ED50, Geodetický	ED50, Kartografický	NGO1948, Kartografický
Datum- názov		ED50	ED50	NGO1948
Datum- typ		Priestorový	Priestorový	Priestorový
Elipsoid		Hayford-medzinárodný elipsoid	Hayford-medzinárodný elipsoid	Modifikovaný Besslov elipsoid
Hlavná polosa elipsoidu	a	6 378 388 m	6 378 388 m	6 377 492,0176 m
Elipsoidické sploštenie	f	1/297	1/297	1/299,15281285
Základý bod		Helmertova veža-Potsdam	Helmertova veža-Potsdam	Observatórium- Oslo
Územie		Európa	Európa	Nórsko
Súradnicový systém		Geodetický	Karteziánsky	Karteziánsky
Súradnicový systém-názov		Geodetický	UTM _(ED50)	Gauss-Krüger _(NGO1948)
Rozmer		2-rozmerný	2-rozmerný	2-rozmerný
Kartografické súradnice		Nie	Áno	Áno
Číslo zóny		-	UTM-zóna 32,33,35	NGO-sone 1-8
Mierkový faktor	S	1	0,9996	1
Súradnicová os 1	N/ φ /x	poludník	centrálny poludník zóny	centrálny poludník zóny
Súradnicové osy 1-jednotky		grad	meter	meter
Východzí bod pre súr. Os 1		priesečník poludníku s rovníkom	rovník	58° severnej šírky
Posun súr. osi 1		0	0	0
Súradnicová os 2	E/ λ / y	rovnobežka	pravouhlá na os 1, kladne orientovaná na východ	kolmo na os 1, kladne orientovaná na východ
Súradnicové osy 2-jednotky		grad	meter	meter
Východzí bod pre súr. Os 2		poludník (Greenwich)	súr. os 1	súr. os 1
Posun súr. osi 2		0	500 000	0
Súradnicová os 3	Z/ h	-	-	-
Súradnicové osy 3-jednotky		-	-	-
Východzí bod pre súr. Os 3		-	-	-
Posun súr. osi 3		-	-	-

Príloha č.1 – Prehľad jednotlivý referenčných súradnicových systémov v Nórsku

Súradnicový referenčný systém	ETRS89, geocentrický	ETRS89,kartografický	ETRS89, geodetický	ETRS89, kartografický, sekundárny
Datum- názov	EUREF89	EUREF89, UTM	EUREF89	EUREF89, NTM
Datum- typ	Priestorový	Priestorový	Priestorový	Priestorový
Elipsoid	GRS80	GRS80	GRS80	GRS80
Hlavná polosa elipsoidu	6 378 137 m	6 378 137 m	6 378 137 m	6 378 137 m
Elipsoidické sploštenie	1/298,257 222 101	1/298,257 222 101	1/298,257 222 101	1/298,257 222 101
Základý bod	geocentrum	geocentrum	geocentrum	geocentrum
Územie	Európa	Európa	Európa	Nórsko
Súradnicový systém	Karteziánsky	Karteziánsky	Geodetický	Karteziánsky
Súradnicový systém- názov	Karteziánsky	UTM _(EUREF89)	Geodetický	NTM
Rozmer	3-rozmerný	2-rozmerný	2-rozmerný	2-rozmerný
Kartografické súradnice	Nie	Áno	Nie	Áno
Číslo zóny	-	UTM-zóna	-	5 - 30
Mierkový faktor	1	0,9996	1	1
Súradnicová os 1	Priesečník roviny rovníku s rovinou poludníku (Greenwich)	Obraz centrálného poludníka zóny	Poludník Greenwich	Obraz centrálného poludníka zóny
Súradnicové osy 1- jednotky	meter	meter	grad	meter
Východzí bod pre súr. Os 1	geocentrum	rovník	rovník	58°severnej šírky
Posun súr. osi 1	0	0	0	1 000 000
Súradnicová os 2	kolmo na os X a Z	kolmo na os 1, kladne orientovaná na východ	rovnobežka (rovník)	kolmo na os 1, kladne orientovaná na východ
Súradnicové osy 2- jednotky	meter	meter	grad	meter
Východzí bod pre súr. Os 2	geocentrum	centrálny poludník pre zónu	poludník (Greenwich)	centrálny poludník pre zónu
Posun súr. osi 2	0	500 000	0	100 000
Súradnicová os 3	paralelná s osou zemskej rotácie	-	Normála elipsoidu	-
Súradnicové osy 3- jednotky	meter	-	meter	-
Východzí bod pre súr. Os 3	geocentrum	-	Elipsoid	-
Posun súr. osi 3	0	-	0	-

Príloha č. 2 – Prehľadka vypočítaných vektorov v základnej vytyčovacej sieti



Príloha č.3 – Ukážka potrebnej fotodokumentácie pre projekt zamerania účelovej geodetickej siete GNSS statickou metódou



Obr. 65 Stabilizácia meračského bodu (autor)



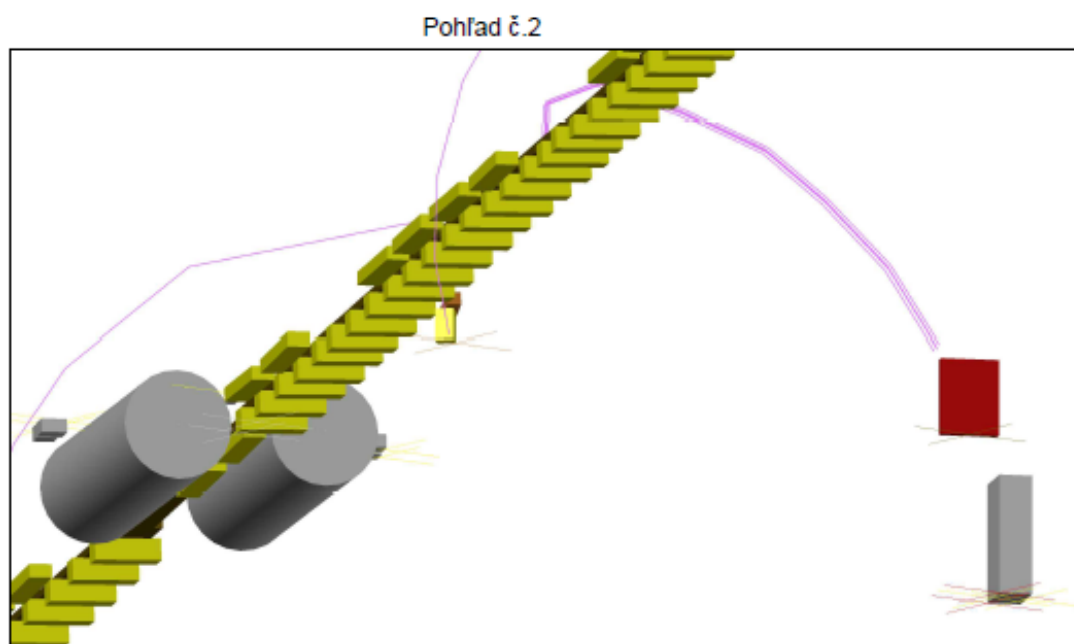
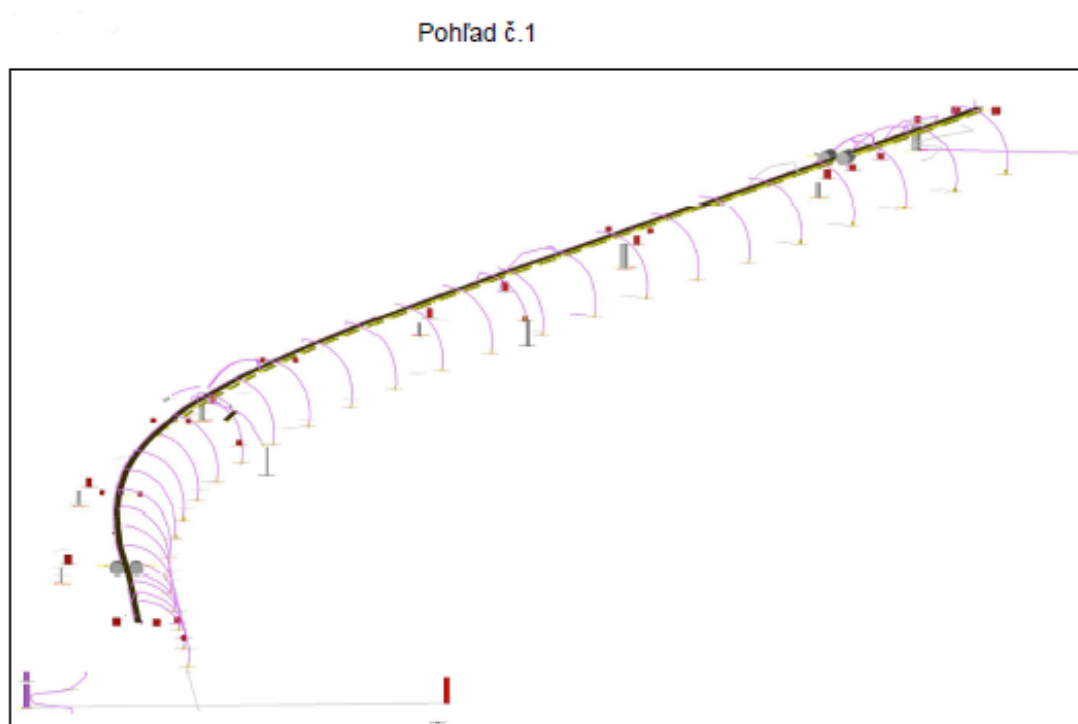
Obr. 66 Južný obzor (autor)

Príloha č.3 – Ukážka potrebnej fotodokumentácie pre projekt zamerania účelovej geodetickej siete GNSS statickou metódou



Obr. 67 detailné meranie výšky prístroja (autor)

Príloha č.4 - Ukážka vyhotoveného 3D modelu elektroinštalácie a iných zadaných objektov vo vnútri tunelu Løkentunnel



Pohľad č.1 a č.2 boli vyhotovené v pracovnom prostredí AutoCAD v projekte Løkenntunnel.

Pohľad č.1 zobrazuje pohľad na celú dĺžku tunelu a nasledne vypracovaný 3D model

Pohľad č.2 zobrazuje detail (je možné vidieť vzduchotechniku, stropné svietidlá, nástenné svietidlá a k nim vedúce káble.

