

Česká zemědělská univerzita v Praze

Bakalářská práce

2010

Jaroslav Litomyský

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Porovnání metod řízení zemních strojů (laser, ultrazvuk, GPS, totální stanice)

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: prof.Ing.Věra Voštová,CSc

Vypracoval Jaroslav Litomyský

Praha 2010

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta: Technická

Katedra: využití strojů

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Litomyský Jaroslav (KS)**

Studijní obor: Obchod a podnikání s technikou

Název práce: Porovnání metod řízení zemních strojů (laser, ultrazvuk, GPS, totální stanice)

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Porovnejte jednotlivé moderní metody řízení polohy pracovního nástroje a navigace zemních strojů

Osnova práce:

1. Přehled zemních strojů
2. Přehled moderních metod řízení (laser, ultrazvuk, GPS, totální stanice) a jejich výrobců
3. Vhodná kritéria k jejich porovnání
4. Vlastní práce (charakteristika výchozích podmínek, porovnání jednotlivých metod řízení)
5. Závěry a doporučení

Metodika práce:

Metody analýzy současného stavu zemních strojů včetně jejich řízení a navigace. Výběr vhodných kritérií pro posouzení metod řízení a navigace. Metody ekonomického vyhodnocení.

Rozsah práce: 30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

- Kašpar,M.-Voštová,V.: Lasery ve stavebnictví a navigace strojů. ES ČVUT,Praha,2001
Voštová,V.a kol.: Progresivní technika a technologie ve stavebním a těžebním průmyslu,
ES ČVUT,Praha,2008
Jeřábek,K.-Helebrant,F.-Jurman,J.-Voštová,V.: Stroje pro zemní práce. Silniční stroje.
VŠB,TU,Ostrava,2001
Internetové stránky

Vedoucí bakalářské práce: prof.Ing.Věra Voštová,CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 30. 11. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2010



prof.Ing.Miroslav Kavka,DrSc.

vedoucí katedry

prof.Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 10.12.2008

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny citace a parametry řádně vyznačil v textu. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v přiloženém seznamu literatury.

V Mělníku, dne

.....

Litomyský Jaroslav

PODĚKOVÁNÍ

Za odbornou pomoc při zpracování předkládané práce chci na tomto místě poděkovat vedoucí práce paní prof. Ing. Věře Voštové, CSc.

Název práce: Porovnání metod řízení zemních strojů (laser, ultrazvuk, GPS, totální stanice)

Abstrakt: Bakalářská práce se zabývá porovnáním moderních metod řízení a navigace zemních strojů (graderů, dozerů, ale i rypadel a dalších strojů). Výběrem vhodných kritérií, zvolením odpovídající techniky. A na závěr ekonomické vyhodnocení.

Klíčová slova: Zemní stroje, laser, ultrazvuk, GPS, totální stanice

Title: Comparison of Land Machines Controlling Methods (Laser, Ultrasound, GPS, Total Stations)

Abstrakt: The bachelor project deals with comparison modern driver's methods and navigation land machine (graders, dozers, excavator and soo machines). Selection accetable criteries, choose parallel technics. In fine economics evaluation.

Key words: land machines, laser, ultrasound, GPS, total station

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. PŘEHLED ZEMNÍCH STROJŮ	2
2.1 Výrobci stavebních strojů.....	2
2.2 Stroje pro výkopové práce.....	2
2.2 Stroje pro srovnávání terénu.....	4
2.2.1 Dozery	4
2.2.2 Nivelační radlice.....	7
2.3 Stroje pro hutnění	7
2.4 Stroje pro dokončovací práce	9
2.4.1 Gradery	9
2.4.2 Scrapery	10
3. ROZDĚLENÍ ŘÍDÍCÍCH METOD.....	12
3.1 Ultrazvuk	12
3.2 Laser	13
3.3 Totální stanice (Totální stanice TRIMBLE S6)	15
3.4 Metoda GPS (Global Positioning System)	16
4. SPOJENÍ STROJE S PŘÍSTROJEM A PRINCIP PRÁCE	21
4.1 Metoda nivelace 1D.....	21
4.2 Metoda nivelace 2D.....	21
4.3 Metoda nivelace 3D.....	22
4.3.1 3D systém vedený totální stanicí.....	22
4.3.2 3D systém s GPS	22
4.4 Použití ultrazvuku na zemních strojích	23
4.5 Použití laseru na zemních strojích	23
4.6 Použití totální stanice k řízení zemních strojů (Totální stanice Trimble S6)	26
4.7 Použití GPS k řízení zemních strojů (GPS Trimble R8)	27
4.8 3D kontrola procesu zhutnění – řízení satelitní navigací	28
4.9 Integrace řídicích systémů	28
5. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU AUTOMATIZACE PROCESU	30
5.1 Technicko-technologické ohodnocení zařízení	30
5.2 Ekonomické posouzení zařízení – efektivnost investic	30
5.3 Porovnávací veličiny pro hodnocení jednotlivých druhů řídicích systémů.....	31

5.3.1 Přesnost.....	31
5.3.2 Spolehlivost	31
5.3.3 Rychlost reakce.....	31
5.3.4 Spotřeba pohonných hmot.....	31
5.3.5 Úspora geodetických prací	32
5.3.6 Cena navigační techniky.....	32
6. ZÁVĚR.....	33
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34
8. SEZNAM OBRÁZKŮ	35
9. PŘÍLOHY	36

1. ÚVOD

Úkolem mojí práce je porovnat systémy řízení nivelačních strojů jako jsou gradery, dozery, scrapery, ale i válce a rypadla moderními metodami. Mezi tyto metody patří laser, GPS, totální stanice nebo ultrazvuk. Tyto metody řízení stavebních strojů jsou celkem nové a pokrokové. Jsou daleko přesnější, než doposud používané metody. Dovedou pracovat s přesností několika milimetrů. Firmy, které vyrábějí zemní stroje, spolupracují se společnostmi vyrábějícími řídicí prostředky. Odpadá tak složitá montáž zařízení na zemní stroje. Instalace proběhne během několika minut přímo na místě prací a za pomoci pouze základního nářadí.

V první části své práce jsem rozdělil a popsal zemní stroje. V další části popisují moderní metody řízení zemních strojů. Mezi tyto metody řízení zemních strojů patří ultrazvuk, laser, GPS a totální stanice. Třetí část je věnována popisu funkce a kooperace jednotlivých přístrojů se zemními stroji. A poslední část popisuje ekonomické a technické zhodnocení metod.

Toto téma jsem si zvolil proto, že pracuji v geodetické firmě jako technik a některé výše jmenované řídicí prostředky denně používám. Dále pak také proto, že tato problematika mě zajímá, a že budu moci uplatnit své znalosti z oboru.

Obr. 1 Příklady zemních strojů vedených moderními přístroji



Zdroj: <http://www.geotronics.cz/index.php/nivelace-stavebnich-stroju>

2. PŘEHLED ZEMNÍCH STROJŮ

Jedná se zejména o mohutné stavební stroje, které se používají na plošné těžení zeminy a nivelační úpravy terénu, popřípadě na čištění nižších dřevin nebo odstraňování pařezů.

2.1 Výrobci stavebních strojů

Na trhu působí řada firem, prodávající tyto stroje. Jsou to firmy převážně zahraniční:

- CATERPILLAR
- LIEBHERR
- VOLVO
- KOMATSU
- JOHN DEERE
- BOMAG
- DEMAG
- DRESSTA
- FIAT
- DYNAPAC atd.

Zemní stroje můžeme rozdělit do několika skupin, podle toho, jakou činnost vykonávají:

1. Stroje pro výkopové a zemní práce (rypadla)
2. Stroje na srovnávání terénu (dozery a nivelační radlice)
3. Zhutňovací stroje (válce)
4. Stroje na dokončovací práce (gradery, scrapery)

Stroje patřící do těchto skupin je možné opatřit moderními řídicími a navigačními prostředky.

2.2 Stroje pro výkopové práce

Do této skupiny zemních strojů patří převážně rypadla - viz obr. 2. Používají se pro hloubení výkopů, ale také pro nakládání hornin a zemin.

Obr. 2 Rypadlo Caterpillar na pásovém podvozku



Zdroj: http://www.geotronics.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=141&category_id=157&option=com_virtuemart&Itemid=10

Rypadla dělíme:

- Rypadla na kolovém podvozku
- Rypadla na pásovém podvozku

Rypadlo na kolovém podvozku se používá všude tam, kde je potřeba okamžité mobility na krátké vzdálenosti. Rypadla kolová se vyrábějí od těch nejmenších, cca 5 000 kg vlastní hmotnosti až cca 22 000 kg po jednu z největších hmotností v běžné praxi.

Rypadla kolová většinou disponují opěrnými nohami a také občas v kombinaci s radlicí na druhém konci stroje. To vše kvůli stabilitě při vlastním výkonu práce. Kolový podvozek umožňuje snadnější a rychlejší přesun bagru, a to i po silnicích v běžném provozu. [1]

Rypadlo na pásovém podvozku. Pásový podvozek se skládá ze dvou pásových skupin. Každá tato skupina pak zahrnuje pás (ocelový nebo gumový), hnací (turasové) kolo s hydromotorem, volné napínací kolo s napínacím zařízením a horní a dolní rolny. Pás se skládá z řetězu (články řetězu jsou pospojované pomocí čepů, které jsou v provedení mazaném či nemazaném) a lišt (desek). Lišty dále rozeznáváme jednonožové, dvounožové či třínožové. U rypadel jsou obvyklé třínožové desky.

Pásový podvozek má výhodu ve větší průchodnosti v těžkém terénu a v lepší stabilitě. [1]

Základní části

Podkop (rameno) je základní pracovní částí prakticky všech bagrů. Je upevněn na rámu stroje a skládá se ze dvou či třech částí, navzájem spojených pomocí čepů a pohyblivých hydraulických válců. Část podkopu, nejbližší k rámu (kabině), se nazývá výložník. Výložník může být jednodílný či dvoudílný. Jednodílný je jednodušší, levnější a spolehlivější řešení.

Standardně se používá u minibagrů, rypadel-nakladačů i kráčivých bagrů. Dvoudílný výložník umožňuje větší rozsah pohybů při hloubení v sevřených jamách a přímo pod strojem.

Násada je další částí podkopu. na jejím spodním konci je upevněna lžice. Násada může být různá dle určení stroje: standardní, s velkým dosahem, s teleskopickým výsuvem.

Lžice je na konci násady upevněna buď přímo nebo s využitím tzv. rychloupínáku.

Rychloupínák je zařízení, které usnadňuje výměnu lžic nebo jiných pracovních nástrojů. Je ovládán buď mechanicky, nebo hydraulicky. Vyspělejší typy v sobě obsahují i rotátor, umožňující natáčení lžice, v některých případech i o 360°.

Další pracovní nástroje: Mimo lžice je možné rypadlo používat jako nosič pro celou řadu dalších pracovních nástrojů. Nejčastěji se jedná o hydraulické kladivo, demoliční kleště, nesenou vibrační desku, zemní vrták, drapák, vidle, jeřábový nástavec, atd.

Podkop je upevněn na rámu stroje, na kterém se obvykle nachází i kabina obsluhy a motor s hydraulickým systémem.

Rám stroje s kabinou je u základního provedení rypadla montován na podvozek (pásový či kolový) prostřednictvím točny, která umožňuje otáčení celé nástavby o 360°. [1]

Technické parametry rypadel:

- Navršený objem lopaty (m³)
- Výkon motoru (kW)
- Hmotnost stroje (t)

Technologické parametry rypadel:

- Vodorovný dosah
- Výškový dosah
- Hloubkový dosah
- Vyklápěcí výška

2.2 Stroje pro srovnávání terénu

2.2.1 Dozery

Dozery se používají na hrubé urovnání terénních nerovností, zeminu mohou přemísťovat (hrnout) o krátké vzdálenosti okolo 50 m. Jsou to pásové traktory opatřené vpředu širokou

radlicí. Mezi stroje na srovnávání terénu patří také nivelační radlice. Nemá vlastní pohon a jde zapřáhnout za stroj, nebo je možné ji tlačit před strojem.

Obr. 3 Buldozer Caterpillar na pásovém podvozku



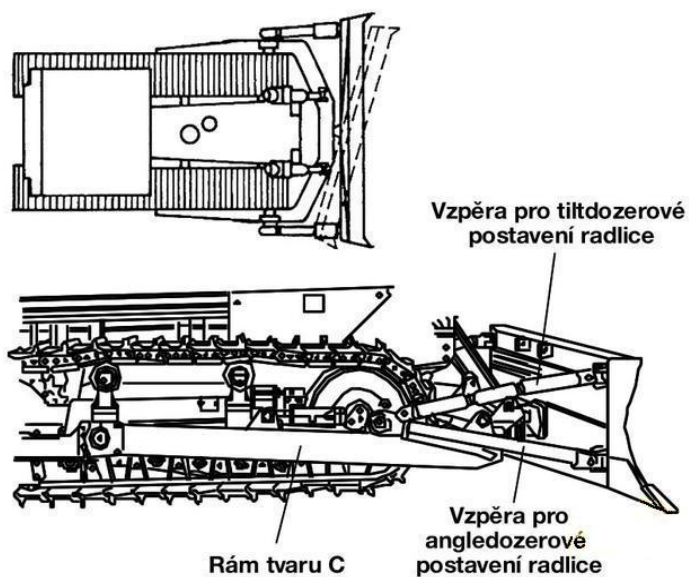
Zdroj: http://www.bagry.cz/cze/clanky/z_praxe/jak_pracovat_s_buldozerem_1_dil_co_muzete_cekat

Dozery dělíme:

- Buldozery – viz obr. 2: používají se pro plošnou těžbu zeminy. Má pouze jednu možnost polohy radlice (může radlici zvedat nahoru a dolů). Hloubka záběru: 10-40 cm
- Angledožery – viz obr. 3: Používají se pro plošnou těžbu a pro zahrnování rýh. Oproti buldozeru mají širší, ale zato nižší radlici. Mohou radlici příčně naklánět až do úhlu 30°.
- Tiltložery – viz obr. 4: používají se opět pro plošnou těžbu, zahrnování rýh a pro těžbu zmrzlých zemin. Tiltložery jsou schopny naklonit radlici na hranu (kolem vodorovné osy), proto mohou těžít i zmrzlou zeminu. [3]

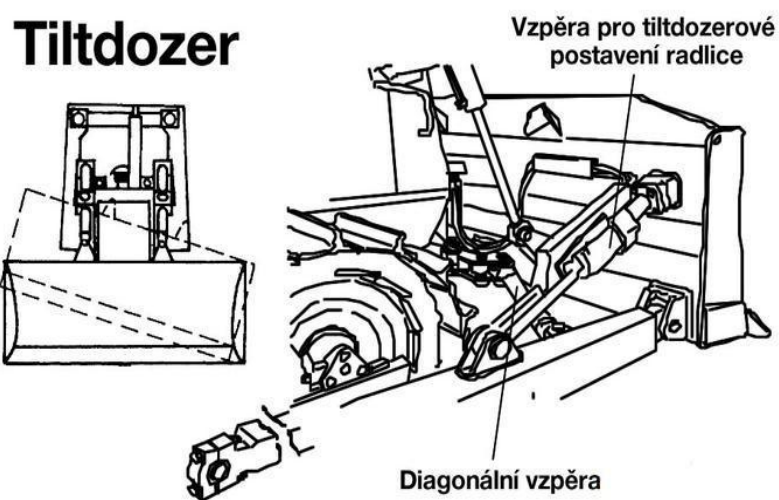
Obr. 4 Schéma angledozeru

Angledozer



Zdroj: <http://www.bagry.cz/cze/content/search?SearchText=angledozer>

Obr. 5 Schéma tiltdozeru



Zdroj: <http://www.bagry.cz/cze/content/search?SearchText=tiltdozer>

Technické parametry dozerů:

- Výkon motoru (kW)
- Tažná síla (kN)
- Hmotnost stroje (t)

2.2.2 Nivelační radlice

Tento nástroj lze použít u velké řady stavebních strojů. Výhodou je, že je možné radlice namontovat i na malé stroje jako jsou například Bobcaty. Radlice můžeme tlačit nebo táhnout za strojem.

Nivelační radlice tlačené

Nivelační radlice tlačené se používají u kolových nebo pásových nakladačů. Výška může být automaticky řízena změnou výšky výložníku a příčný sklon je nastavován nezávislou pístnicí (stejný princip jako u dozerových radlic). Druhou variantou jsou nivelační radlice vybavené samostatným hydraulickým rozdělovačem s elektromagnetickými ventily, které ovládají samostatné pístnice pro nastavení výšky a sklonu. U této varianty zůstává výložník nehybný.

Nivelační radlice tažené

Tažené radlice se připojují nejčastěji za klasický traktor a jsou vybaveny samostatným hydraulickým rozdělovačem s elektromagnetickými ventily, které ovládají pístnice pro nastavení výšky a sklonu. Tyto nivelační radlice jsou nejčastěji používány pro srovnávání větších ploch, jako jsou například sportovní hřiště.

Nivelační radlice nemusí být vždy vybaveny pouze laserovými senzory, ale mohou používat senzory sklonu, ultrazvukové senzory, GPS anténu, nebo mohou být řízeny univerzální totální stanicí. Pro přesnost práce je velice důležité, aby nivelační radlice byly vybaveny proporcionálními elektromagnetickými ventily. [2]

2.3 Stroje pro hutnění

Hutnění je proces, při kterém se umělým způsobem zvětšuje objemová hmotnost pomocí statického nebo dynamického zatížení.

Obr. 6 Vibrační válec Caterpillar řízený metodou GPS



Zdroj: <http://www.p-z.cz/cs/site/pz-stroje-caterpillar/pz-cat-detail-produktu.htm?idCategory=13067487&idSubCategory=13073987&idProduct=283959>

Hutníací stroje dělíme:

- ručně vedené (obsluha kráčí za strojem)
- tandemové (mají dva běhouny, obvykle pro hutnění živíc)
- tahačové (mají jeden běhoun a jednu nápravu s koly, obvykle pro hutnění zemin)
- tažené (jeden běhoun, při práci jsou tažené jiným strojem, např. traktorem)

Dále pak na válce:

- Válce statické (ocelové hladké běhouny, pneumatikové válce)
- Válce vibrační viz obr 5.

Válce vibrační jsou 4x-6x účinnější, než válce statické o stejné hmotnosti. Je to způsobeno vlivem velkého počtu kmitů (rázů) hutnícího válce na zeminu.

Běhoun je pracovním nástrojem válce. Běhoun se skládá z ocelového pláště a je vybaven hydraulicky poháněným vibrátorem, který vyvolává vibraci běhounu. Běhoun je ke stroji upevněn prostřednictvím gumokovů, které zachycují vibrace a zabraňují jejich přenosu do nosné části stroje. Pouze u vedených válců se používá vibrátor umístěný mimo běhouny. Zde jsou oba běhouny pevně spojené rámem, na kterém se nachází i vibrátor. Celý tento rám i s běhouny pak vibruje jako jedna část. Tento rám je pak pomocí gumokovů odtlumen od dalších částí stroje. [1]

Mimo vibračních válců s hladkým běhounem se vyrábějí rovněž tahačové vibrační válce s ježkovým běhounem, kdy je povrch běhounu osazen ocelovými trny („ježky“); toto uspořádání se používá pro hutnění vazkých zemin (jílů).

technické parametry hutnicích strojů:

- Provozní hmotnost (t) je to hmotnost stroje + zátěž
- Frekvence kmitů (Hz)
- Amplituda (mm)
- Výkon motoru (kW)
- Hloubka hutnění (mm)

2.4 Stroje pro dokončovací práce

Stroje pro dokončovací práce dělíme:

- Gradery
- Scapery

2.4.1 Gradery

Grader je samojízdný stavební stroj určený ke srovnávání velkých ploch při zemních pracích. Typické gradery jsou třínápravové. Mnohem méně rozšířené jsou malé, dvounápravové gradery. Motor a kabina řidiče se nachází zpravidla nad vzadu umístěnými dvěma nápravami. Třetí, přední náprava je říditelná. Stroj má flotační pneumatiky, to znamená, že nenechávají v terénu hluboké stopy. Uprostřed, mezi nápravami se nachází široká radlice. Radlice je u většiny graderů otočná o 360 stupňů kolem svislé osy, výškově nastavitelná, výsuvná do boků a na obě strany výkyvná. Před přední nápravou může být umístěna další radlice použitelná pro hrubší práce. Typická oblast nasazení grejdrů je v silničním stavitelství pro srovnávání podkladu před položením asfaltové vrstvy. Gradery se rozlišují, tak jako ostatní stavební stroje, podle hmotnosti. Další rozlišovací hlediska mohou být podle výkonu motoru a šířky radlice. [1]

Obr. 7 Grader Caterpillar řízený metodou GPS



Zdroj: http://www.geotronics.cz/index.php?page=shop.browse&category_id=156&option=com_virtuemart&Itemid=10

2.4.2 Scrapery

Scrapper je speciální stroj tvořený jednoosým traktorovým tahačem, doplněný korbou, která má sklápěcí dno opatřené břitem. Pojezdem pomocí břitu seškrabuje zeminu a ta se nahrnuje do

korby. Scrapery mohou být jednomotorové a dvoumotorové. Ty pomáhají při vlastní těžební činnosti. Druhý motor je umístěn na zádi stroje. Může být také opatřen elevátorem sloužícím k lepšímu nahrnování zeminy do korby. [3]

Obr. 8 Dvounápravový scraper Caterpillar



Zdroj: <http://www.iabc.cz/clanek/technika/8458/zluti-obri-neohrozene-stavebni-stroje.html>

Základní technické parametry:

- Výkon motoru (kW)
- Hmotnost stroje (t)
- Šířka radlice (m)

- Objem korby (m³)

Funkční pohyby radlice:

- Zvedání a spouštění radlice
- Naklápění radlice
- Možnost vysouvání radlice do stran (do boku)
- Možnost otočení radlice o 360°
- Náklon radlice do svislého směru

3. ROZDĚLENÍ ŘÍDÍCÍCH METOD

V dnešní době silné konkurence musí být stavební práce prováděny precizně, rychle a musí přinášet zisk. Nová generace nivelačních strojů nabízí komplexní řešení stavebních prací od nabídky až po koncové práce. Správná volba nivelačního systému vede k výraznému zvýšení produktivity, odpadají dodatečné práce a zisk se zvyšuje.

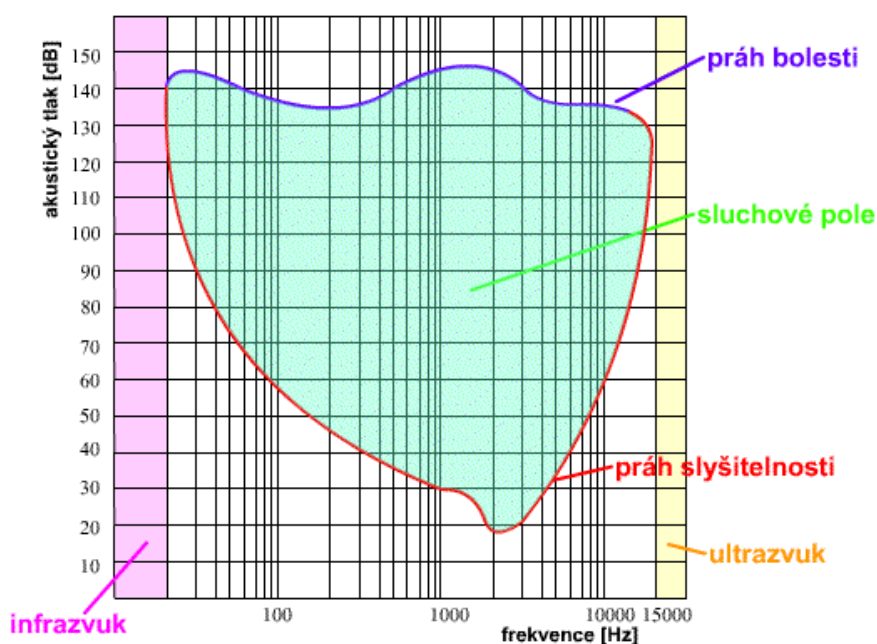
Popis jednotlivých metod:

3.1 Ultrazvuk

Zvuk = mechanické vlnění hmotného prostředí. Vjem, které vnímá naše ucho, vyvolává vlnění molekul. Lidské ucho je schopnost vnímat vlnění molekul (mechanické vlny) v rozmezí od 16 Hz až 16 000 Hz. Mechanické vlnění, které má vyšší frekvenci nazýváme ultrazvuk, s frekvencí nižší infrazvuk. Zvukové vlny postupují od zdroje rychlostí, závislou na podmínkách prostředí, jako je teplota, tlak, vlhkost a další. Zvuk se šíří různou rychlostí v závislosti na prostředí, ve kterém je šířen, při čemž se zeslabuje (ztrácí na intenzitě). Ne každé zvukové vlnění vyvolává zvukový vjem. To závisí na hladině intenzity zvuku, která se značí L a její jednotkou jsou dB a na frekvenci f s jednotkami Hz. [4]

Vztah pro výpočet intenzity zvuku je:

Obr. 9 Graf prahu slyšitelnosti



Zdroj: http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm

Ultrazvukové řídicí systémy vynikají vysokou přesností, avšak práce s nimi je poměrně náročná, pokud se týká přípravných prací a vytyčování.

Použití - pro malé až středně velké stavby jako jsou výstavba infrastruktury, sídliště, parkoviště

Důležité informace:

Musí být připravena vhodná fyzická referenční rovina

Ultrazvukový senzor pracuje ve vzdálenosti 30cm až 130cm od referenční roviny

Přesnost práce 4 - 6 mm.

Jednoduchý a dle srovnání cenově výhodný systém, nelze však vytvářet žádné 3D kontury.

Výrobci ultrazvukových systémů: TOPCON, TRIMBLE, SPECTRA PRECISION, SONIC MASTER

Cena systému: 65 000 Kč

Obr. 10 Ultrazvukový senzor Trimble



Zdroj: http://www.geotronics.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=144&category_id=165&option=com_virtuemart&Itemid=10

3.2 Laser

Princip laseru

Laser (z anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), to znamená zesilování světla stimulovanou emisí záření) je optický zdroj elektromagnetického záření tj. světla v širším smyslu. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku; na rozdíl od světla přirozených zdrojů je koherentní a monochromatické. Princip laseru využívá zákonů kvantové mechaniky a termodynamiky.

Při hodnocení přínosu laserové techniky v inženýrské geodezii a v dalších příbuzných průmyslových oborech, zdůrazňujeme zvýšení přesnosti a produktivity prací. Lasery také

výrazně zpřesňují některé procesy, jako jsou například razicí a protlačovací práce, řízení stavebních strojů, při pokládce potrubí, při zhotovování a kontrole bednění a stavebních prvků. Tato technologie má samozřejmě své nevýhody a to především, poranění zraku při pohledu do centra. To se mohlo stát ale jen u starších geodetických HeNe laserů s výkony od 1 do 5 kW. Tyto nedostatky pomáhají řešit nové druhy laserů na bázi polovodičových diod, které pracují s výkonem do 1 kW. Tyto lasery mají také jednu nevýhodu a to tu, že pracují v neviditelném spektru. Na snímání polohy neviditelné osy se používají detektory. Výhodou těchto zařízení je jejich malá spotřeba energie a tím zapříčiněná nižší hmotnost (stačí bateriové monočlánky). Vyráběné detektory pracují pod širokým úhlem dopadu, některé jsou dokonce se všesměrovým příjmem. Většinou detektory určené pro buldozery a podobné stavební stroje. Přesnost detektorů je proměnná a pohybuje se v rozmezí od 1 do 5 mm a to především v závislosti na vzdálenosti snímače od laseru. Běžná vzdálenost laserového svazku se udává okolo 300 m. V poslední době jsou nejpoužívanější polovodičové diody ve viditelném spektru. Používané detektory nejsou nezbytně nutné, zvyšují však dosah a přesnost prací. Výhodami jsou především jejich malá energetická náročnost, jednoduché napájení, více než dvacetinásobná účinnost oproti HeNe laserům, v neposlední řadě také zařazení do méně přísné bezpečnostní ochranné třídy. Tyto výše uvedené výhody předurčují laserovou technologii k dalšímu rozšíření do nových výhodných provozních aplikací. [4]

Důležité informace:

Maximální vzdálenost pro řízení stroje je 600 m

Přesnost práce je 1-4 mm v závislosti na vzdálenosti od zdroje laserové roviny.

Výrobci laserů: TOPCON, TRIMBLE, SOKKIA, LEICA ...

Cena systému: 85 000 Kč

Obr. 11 Buldozer Caterpillar řízený laserem umístěným na stativu



Zdroj: http://www.bagry.cz/cze/clanky/z_praxe/moderni_systemy_2d_a_3d_nivelace_zemnich_stroju_v_praxi

3.3 Totální stanice (Totální stanice TRIMBLE S6)

Je to elektronický tachymetr. Je to kombinace elektronických teodolitů se světelnými délkoměry a počítačem pro okamžité zpracování a registraci měřených bodů. U nejpřesnějších strojů lze dosáhnout přesnosti 0,2 mgon. Při měření větší vzdálenosti například okolo 2 kilometrů, přesnost stanic se pohybuje do 10 mm. Přístroje jsou vybaveny interní pamětí, starší stroje měly externí paměť. Moderní totální stanice mají barevný přehledný dotykový displej. Tuto ovládací jednotku doplňuje kompletní alfanumerická klávesnice. Umožňuje nahrání mapy, která slouží v terénu pro přehlednější vytyčování. Mechanické manuální ustanovky jsou nahrazeny servoustanovkami a servoostřením. Stanicí lze měřit i bez odrazového hranolu pomocí laseru, to je výhodné u doměřování identických bodů jako jsou rohy budov, které jsou za plotem. Stroj má nainstalovaný český software, takže stroj komunikuje v češtině a obsahuje i nápovědu. Totální stanice může být propojena se systémem GPS. Optika je zajištěna osvědčeným výrobcem Carl Zeiss. Stroj je napájen baterií, která vydrží až 12 hodin soustavného měření. Novinkou na trhu posledních let je S3 ROBOTIC. Stroj je plně motorizován, a ušetří náklady za figuranta. Přístroj má funkci AUTOLOCK, ta zajišťuje sledování odrazového hranolu. Pracovník se pohybuje terénem a je sledován totální stanicí. Na výtyčce má hranol a ovládací prvek TCU (Je to stejný prvek jako u GPS Trimble G8, akorát s jiným softwarem). Komunikaci mezi strojem a TCU zajišťuje rádio 2,4 GHz. [2]

Důležité informace:

Maximální akční rádius řízení stavebního stroje je 700 m.

Přesnost práce 2-5 mm

Musíme zajistit přímou viditelnost odrazovým hranolem a totální stanicí

Výrobci totálních stanic: TOPCON, PENTAX, TRIMBLE, LEICA, GEOTRONICS, NIKON

Cena systému: 600 000 Kč

Obr. 12 Grader Volvo řízený totální stanicí Trimble R6



Zdroj: http://www.geotronics.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=140&category_id=160&option=com_virtuemart&Itemid=10

3.4 Metoda GPS (Global Positioning System)

Je to vojenský polohový družicový systém provozovaný ministerstvem obrany Spojených států amerických. Provoz GPS stojí 600 až 900 milionů amerických dolarů ročně. Využívá se především k navigaci.

Globální družicový polohový systém (Global Navigation Satellite System) tato služba umožňuje za pomoci družic určování polohy s celosvětovým pokrytím. Uživatel používá radiový přijímač, na který přijímá signál z družic, který pak vypočítá jeho polohu s přesností na desítky metrů až jednoho metru. Přesnost v některých aplikacích může být pouhých pár milimetrů.

V roce 2008 je jediným plně funkčním systémem USA NAVSTAR GPS (Navigation System using Time and Raging) – navigační systém využívající měření času a vzdálenosti, provozovaný armádou Spojených států. Ruská vláda provozuje systém GLONAS (Globalnaja

navigacionnaja sputnikovaja sistema), Evropská unie pracuje na vývoji GNSS podobnému ruskému GLONASU a americkému NAVSTAR GPS se jménem GALILEO. Původně měl být v plném provozu v roce 2010, ale podle nejnovějších plánů, bude uveden do provozu v roce 2014. Čína připravuje spuštění systému COMPASS, uvedení do provozu se počítá kolem roku 2012. [1]

GPS se skládá ze tří segmentu

1. Kosmický segment (družice ve vesmíru)
2. Řídící a kontrolní segment
3. Uživatelský segment

Kosmický segment je tvořen soustavou družic GPS viz obr. 12, které jsou systematicky rozmístěné na oběžných drahách a vysílají navigační signály. Počet družic a jejich oběžné dráhy jsou zvoleny tak, aby bylo možné kdekoliv na Zemi přijímat signál minimálně ze čtyř družic, které jsou výše než 15° nad obzorem. Podmínka čtyř družic vyplývá z toho, že při použití GPS v reálném čase je třeba pro každý okamžik určit tři souřadnice a jednu opravu hodin přijímače. Plná konfigurace GPS sestává z 24 družic, ale nyní je využíván až na mezní počet 32. Pro další navyšování počtu bude třeba změna vysílaného signálu. To znamená, že čím více satelitů budeme při měření používat, tím vyšší bude přesnost. Družice obíhají ve výšce 20 200 km nad povrchem Země na 6 kruhových drahách. Družice váží asi 1,8 tuny a na střední oběžné dráze (MEO, Medium Earth Orbit) se pohybuje rychlostí 3,8 km/s, s dobou oběhu kolem Země 11h 58min. [5]

Obr. 13 Satelit GPS na oběžné dráze Země



Zdroj: <http://cs.wikipedia.org/wiki/GPS>

Princip

Samotný princip určování polohy systémem GPS je následující: družice vysílá signály pro uživatele v podobě složitěho signálu. Každá družice vysílá zprávy o své poloze a přibližné polohy ostatních družic systému. K určení aktuální polohy přijímač počítá tzv. pseudovzdálenosti, což jsou vzdálenosti mezi přijímačem a viditelnými družicemi (nad obzorem). Výpočet pseudovzdálenosti vychází ze znalosti rychlosti šíření družicového signálu a rozdílu času mezi vysláním a příjmem signálu.

Termín pseudovzdálenost se zavádí proto, že je nutné zavádět další doplňující výpočty, které určení výsledné polohy dále zpřesňují. Pro určení dvojrozměrné polohy (nejčasněji zeměpisná délka a šířka) postačí příjem signálu z min. tří družic (výpočet tří pseudovzdáleností), pro určení trojrozměrné polohy (navíc výška) minimálně ze čtyř družic. Příjem menšího počtu družic znemožňuje výpočet polohy, vyšší počet družic naopak určení polohy dále zpřesňuje. [5]

Běžně dostupné přijímače k amatérskému (tj. negeodetickému a nevojenskému) vyžití se vyrábí jako jednofrekvenční, vícekanálové a kódové. Jednoduchý přijímač signálu GPS pro se skládá z:

- antény
- předzesilovače
- procesoru
- časové základny
- komunikačního rozhraní

Přijímače GPS mohou zobrazovat polohu ve standardních zeměpisných souřadnicích, ale také relativně vůči zadanému bodu, automaticky měří i nadmořskou výšku. Tento systém má samozřejmě své nedostatky. Aby byla zajištěna správná funkčnost GPS, musí být na obzoru dostatečný počet satelitů. To je zajištěno téměř všude na Zemi. Problémy mohou nastat ve velmi členěném terénu, zalesněné krajině nebo v zástavbě.

Poloha bodu jde metodou GPS určit dvěma základními metodami:

Absolutní určování polohy (Point positioning). Souřadnice jsou určeny v geocentrických souřadnicích systému WGS-84 v reálném čase. Pro měření stačí využít jen jeden GPS přijímač. Vzdálenost mezi družicí a přijímačem je určena pomocí pseudovzdáleností. Při geodetických měření se tento způsob použije při stanovení geodetických souřadnic výchozích, to znamená referenčních bodů.

Relativní určování polohy (Relative Positioning). Poloha bodu je určena vzhledem k referenčnímu bodu, jehož geocentrické souřadnice jsou známy. Proto je nutné měřit simultánně dvěma přístroji. Toto řešení má primární význam při využití metod GPS v geodézii a ve stavebnictví, protože umožňuje určit délku základny (vektoru) s milimetrovou přesností s využitím diferenčních fázových měření.

Obě výše zmíněné metody lze využít jak pro statické, tak pro kinematické určování polohy.

Systém RTK (Real Time Kinematic) je jednou z kinematických metod GPS. Referenční GPS přijímač je s pohyblivým přijímačem propojen datovou rádiovou komunikací. Se zavedením metody RTK se začal používat termín Totální stanice GPS. GPS přijímač s RTK umožňuje řešit úlohy jako například při vytyčování, kdy má několikanásobně vyšší produktivitu. Je možné jí též uplatnit při řízení stavebních strojů. [4]

V dnešní době je měření metodou GPS mnohem jednodušší a trvá daleko kratší dobu, než v dobách dřívějších. Pro popis funkce jsem si zvolil GPS Trimble R8 GNSS. Tento stroj využívá pokrokovou technologii R-Track, která využívá všechny dostupné signály GPS. Přístroj se po příjezdu na lokalitu složí. Skládá se z přijímače, který se upevní na vršek výtyčky. K přijímači se přišroubuje anténa. Další částí je ovládací prvek TCU¹, klávesnice s dotykovým displejem, která je také připevňována k výtyčce. Po zapnutí přístroje se přes bluetooth propojí přijímač a TCU. Dochází k příjmu signálu přímo z družic, ale současně z base station (centrální referenční stanice). Přístroj se může připojovat i k internetu. Změření jednoho bodu s přesností třetí třídy, to je do 14 cm, trvá 5 sekund. Nevýhodou je celkem vysoká cena přístroje, která je okolo milionu korun českých. Přístroj se používá v geodézii. Řízení stavebních strojů vyžaduje ještě referenční stanici pro vyšší přesnost.

Důležité informace:

Akční rádius pro jednu referenční stanici je asi 4 km

Musí být zajištěn výhled vzhůru na satelity GPS.

Stroj a referenční stanice nemusejí být ve vizuálním kontaktu

Jedna referenční stanice může ovládat i více strojů

Přesnost práce 1-2 cm

Výrobci GPS: GEOTRONICS, LEICA, TRIMBLE, TOPCON, SOKKIA, ZEISS ...

Cena systému: 850 000 Kč

¹ TCU – Trimble Control Unit (Univerzální kontrolní jednotka pro GPS a totální stanici)

Obr. 14 Buldozer Caterpillar řízený dvěma přijímači Gps



Zdroj: http://www.bagry.cz/cze/clanky/z_praxe/moderni_systemy_2d_a_3d_nivelace_zemnich_stroju_v_praxi

4. SPOJENÍ STROJE S PŘÍSTROJEM A PRINCIP PRÁCE

Volba řídicího systému závisí na druhu stavebních prací a pro každý terén je určena specifická řídicí metoda.

Pro stavební práce v rovině v jednom, nebo dvou spádech, jako jsou sportovní plochy, haly, parkoviště a jiné je vhodné použít:

- Řízení výšky a příčného sklonu dvěma laserovými senzory
- Řízení výšky laserovým senzorem a automatické řízení sklonu v %.

Pro liniové a velkoplošné stavby s častými změnami podélného a příčného spádu jako jsou silnice, dálnice, skládky a další se používá:

- Řízení výšky ultrazvukovým senzorem a automatické řízení sklonu v %.
- Nivelační systém 3D který umožňuje pracovat podle digitálního modelu upravovaného terénu. Pro vedení stroje v 3D je používána motorizovaná totální stanice, nebo GPS navigace. [2]

Popis metod nivelace 1D, 2D a 3D

4.1 Metoda nivelace 1D

1D neboli výškový systém (laserplane) slouží především pro urovnání a výkopy. Patří sem laserové řízení stavebních strojů a ultrazvuk. Stroje jsou vedeny buď laserovým paprskem, nebo ultrazvukem (k tomu slouží například natažené lanko nebo obrubník). Práce probíhají v jedné ose, nikoliv plošně.

4.2 Metoda nivelace 2D

2D nivelace probíhá v jedné rovině za podpory laserového paprsku, který je rozmítán od zdroje záření. Námí požadovanou rovinu vytvoříme nastavením laserového rozmítače a podle ní se stroj řídí. Touto metodou se nedá tvořit složitější terén, ale jen plochy a svahy.

Na radlici zemního stroje umístíme laserová čidla tak, aby byla vždy vidět z rozmítače. Laserová čidla jsou namontována na výškově nastavitelných sloupcích a jsou ve stejné výšce jako rozmítací laser. Na radlici lze umístit pouze jeden sloupec s čidlem v kombinaci s čidlem sklonu. Toto čidlo nahrazuje druhý sloupec a je to z finančního hlediska levnější. Dva sloupce jsou zase přesnější.

2D řízení lze použít i u rypadel. Oproti dozerům a graderům se řídí pouze manuálně, ale je možné pracovat bez laseru. Při konfiguraci stačí vyjít z předem vytyčeného bodu o známé

výšce. Čidla jsou umístěna na výložníku, násadě i táhlu lžice. Na displeji v kabině nastavíme sklon a hloubku výkopu. Na monitoru potom vidíme určenou figuru, a kde máme zeminu odebírat. Kromě laseru se stále ještě používá ultrazvukové navádění. Tento systém pracuje na principu vysílaného zvukového pulsu a referenční roviny.

4.3 Metoda nivelace 3D

Oproti 2D systému nám 3D systém umožňuje vytvořit plochu i velmi složitých tvarů. Podmínkou 3D systému je trojrozměrný projekt. Tento projekt je zpracován programem nivelačního systému, který si data upraví a nahraje je do řídicí jednotky ve stroji. Tento systém lze řídit indikačně nebo může být plně automatický.

Systém lze rozdělit podle toho, jestli je s vizuálním kontaktem, to znamená, že stroj musí být neustále sledován řídicím přístrojem. K tomuto vedení stavebního stroje se používá totální stanice. Druhá metoda je bez vizuálního kontaktu, to znamená, že stroj je veden přímo, nemusí být ničím sledován a k tomuto slouží metoda GPS. [4]

4.3.1 3D systém vedený totální stanicí

Poblíž stroje se umístí totální stanice, která, kromě vodorovných i výškových úhlů, měří i vzdálenost. Má v sobě zabudovaný počítač, který hned na místě vyhodnocuje informace a zobrazuje je na displeji v kabině stroje. Totální stanice má dosah okolo 400 m a pracuje s přesností 3-5 mm. Novější stanice jsou motorizované a otáčejí se samy za odrazem z hranolu umístěným na stroji. Totální stanice dokáže vést pouze jeden hranol, o zbytek se starají další senzory. Také platí, že jedna stanice může řídit pouze jeden stroj. Oproti Gps má výhodu, že může stroj řídit i v halách a na místech, kam nedosáhne signál satelitů.

4.3.2 3D systém s GPS

GPSka má menší přesnost, proto používáme referenční GPS stanici, která se nekalibruje pro prostředí stavby a zlepšuje satelitní příjem, který je získáván přímo z vesmírných satelitů. Díky této referenční stanici se přesnost zvyšuje na 20-30 mm. Na radlici stroje se umístí stožáry, které nemusí být výškově nastavitelné. V kabině je nainstalováno rádio, které přijímá signál z referenční totální stanice, GPS antény přijímají signál ze satelitů. Toto rádio koordinuje údaje získané ze satelitů a z koordinační stanice.

4.4 Použití ultrazvuku na zemních strojích

Ultrazvukové systémy, které se využívají k řízení stavebních strojů, pracují na základě vysílání impulsů vysokofrekvenčního zvuku a měření časů nutných k návratu signálu do řídicí jednotky po odražení od nějaké překážky, například od obrubníku nebo od napnutého provázku. Na rozdíl od laseru se používá hmotné stabilizované základny. Na konec radlice nebo jiné pracovní části se upevní speciální vysílací a přijímací systém, který kontroluje výšku pracovního nástroje měřením vzdálenosti ke hmotné základně. Časový spínač se zapne při vysílání zvukového pulzu a vypne se, když se odražený signál – echo – vrátí zpět. Ze známé rychlosti zvuku a z odměřeného času řídicí jednotka vypočítá vzdálenost pracovního nástroje od stabilizované základny, porovná tyto údaje s požadovanou hodnotou, a pokud dojde k odchylce, tak vyšle impuls do hydrauliky stroje k provedení korekce – snížení nebo zvýšení radlice. Ultrazvukové systémy umožňují kontrolu výšky pracovního nástroje, jeho stranové polohy i příčného sklonu. Zvyšují rychlost stavebního stroje a zároveň snižují nároky na obsluhu. Jsou vhodné pro velké, plošné urovnávací práce a dokončovací práce. Použitím sonických systémů se snižují náklady na geodetické práce o 30 až 50%. Ultrazvukový senzor je k systému připojen prostřednictvím jediného kabelu rychlospojku a na konzolu např. radlice je upevněn šroubem. To umožňuje rychlé a snadné odpojení při přerušení práce a uložení ultrazvukového senzoru do kufříku. Tento systém je tedy určen pro bezkontaktní měření vzdálenosti k referenční ploše s využitím vysokých frekvencí zvuku. [4]

Řízení ultrazvukovým systémem lze považovat spíše jako doplnění systému řízení stavebních strojů laserem, totální stanicí, nebo Gps. Největší uplatnění nachází u liniových staveb s proměnným příčným i podélným spádem. Potřebuje referenční řídicí rovinu (napnutý provázek nebo obrubník), od které systém odměřuje časové intervaly a je schopný změnit polohu radlice. Toto intervalové měření probíhá 40 krát za sekundu. Moderní systémy mají robustní konstrukci, dlouhou životnost, intuitivní ovládání, snadno se instalují a proto jsou přínosem a zlepšením práce zemního stroje.

4.5 Použití laseru na zemních strojích

Technologie používá dvě hlavní části a to detektory a vysílače laserového paprsku.

Detekční systémy pro řízení stavebních strojů jsou robustnější s větším rozsahem příjmu a s mnohem menší citlivostí, než u laserových přístrojů určených například pro drobnější stavební práce (obklady stěn atd.).

Detekční část (přijímač nebo snímač) je umístěna na elektronickém odpruženém stožáru nad zemním strojem a je propojena se signalizační částí (řídící jednotkou), která je umístěna vně nebo uvnitř kabiny obsluhy. Další propojení přes řídící jednotku ovládá elektrohydraulické ventily stroje. Pokud bychom chtěli řídit stroj v určité výškové hladině a sklonu, použijeme více detekčních přijímacích jednotek (laserový detektor nebo ultrazvukový senzor příčného sklonu, senzor podélného sklonu a rotační senzor.)

Jako příklad bych uvedl řídicí systém TOPCON – FIVE na graderu

Obr. 15 Základní části metody řízení laserem na graderu



Zdroj: <http://obchod.geodis.cz/laser/gradery>

1. Řídící jednotka systému TOPCON FIVE

Je pro obsluhu stroje snadným a intuitivním průvodcem po systému FIVE, přehledné ovládání celého systému.

2. Laserový snímač

Slouží pro přesnou detekci laserového paprsku. Můžete volit z různých typů laserových senzorů. Senzor LS-B4 který používáme k automatickému řízení je možné po doplnění baterií použít na jiném stroji pro indikační řízení. Senzor LS- B2 obsahuje možnost samostatného připojení na hydrauliku stroje a řízení elektromagnetických ventilů.

3. Ultrazvukový senzor

Slouží pro snímání z pevné referenční roviny jako je např. nivelační lanko, obruba, upravený povrch. Ultrazvukový senzor pracuje jako sonar. Vysílá zvukový pulz a měří čas pulzu, který se po odražení od referenční roviny zpět do senzoru zaznamená. Ze známého času a rychlosti zvuku je následně vypočtena vzdálenost od referenční roviny. Toto měření probíhá 39x za vteřinu.

4. Senzor příčného sklonu

Určuje aktuální sklon radlice v rozsahu $\pm 100\%$. Protože u graderu můžeme otáčet radlicí, je nutné správný příčný sklon radlice dopočítat z údajů ze senzoru natočení radlice a senzoru podélného sklonu stroje.

5. Rotační senzor

Slouží k měření natočení radlice. Senzor natočení udává řídicí jednotce přesnou hodnotu pootočení radlice.

6. Senzor podélného sklonu a hydraulický blok

Měří podélný sklon stroje a zamezuje podříznutí terénu. Hydraulický blok je osazen proporcionálními elektromagnetickými ventily pro plynulý pohyb radlice a přesné výškové korekce.

7. Vzdálené inteligentní ovladače

Jsou umístěny na ovládacích pákách stroje a umožňují přepnutí systému do automatického režimu. Dále jsou používány pro rychlou kalibraci ultrazvukového senzoru a pro změnu výšky po jednom milimetru nebo sklonu po jedné desetíně procenta.

Elektronický odpružený stožár TM-1

Umožňuje přesnou změnu nastavení výšky upravovaného terénu s krokem 1mm a teleskopickým výsunem 105cm. Usnadňuje a urychluje obsluhu nastavení a změnu výšky radlice, přímo z kabiny stroje.

Odpružený stožár

Používáme k připevnění laserových senzorů na radlici stroje. Změnu výšky upravované pláně je nutno provádět posunem senzoru po tyči nahoru a dolů, nebo změnou výšky rotačního laseru na stativu vybaveném elevačním zařízením. [2]

Tento řídicí systém spojuje kontrolu výšky a stabilizaci příčného sklonu břitu radlice v jeden celek, který je schopen automaticky vykonávat požadované operace.

Jak systém graderu pracuje lze popsat takto: Nainstalovaný výškový laserový snímač vyhodnocuje svou polohu vůči referenční rovině, která je zajištěna vysílacím laserem

umístěným na stativu v bezpečné vzdálenosti od probíhajících zemních prací a určuje výšku nivelety. Senzor příčného sklonu sleduje důležitý sklon radlice, rotační senzor monitoruje okamžitý úhel natočení radlice a senzor podélného sklonu udává momentální podélný sklon celého stroje. Všechny informace ze senzorů neustále přijímá řídicí jednotka, která je digitálně zpracovává, porovnává aktuální hodnoty s hodnotami projektovanými a následně vysílá korekční impulzy do hydraulického bloku (ovladače), aby provedl korekční změnu na správném hydraulickém zařízení. Výsledkem je automatické vedení břitu radlice graderu v požadované výšce a daném příčném sklonu. Přesnost urovnání terénu je volitelná podle účelu. Můžeme nastavit jemný nebo hrubší stupeň korekcí. V kabině obsluhy je zařízení, kterým je možné sledovat průběh právě probíhajících operací systému. Automatický provoz lze kdykoliv změnit na plně nebo jednostranné ruční ovládání. Všechny ovladače a přepínače, nezbytné pro ovládání systému, jsou na řídicí jednotce. [6]

4.6 Použití totální stanice k řízení zemních strojů (Totální stanice Trimble S6)

3D nivelační systém TRIMBLE – řízení totální stanicí

3D nivelační systém využívající pro navádění stroje motorizovanou totální stanicí je vhodný pro řízení dozerů a graderu, u projektů, kde je vyžadována maximální přesnost stavebních prací. Při nasazení nivelačního systému Trimble je obsluha stroje schopna provádět srovnávací práce s minimálním počtem pojezdů a současně s milimetrovou přesností. Systém Trimble je lídrem v oboru řešení přesných dokončovacích prací. Tento systém, nainstalovaný na stroji, je ideální pro liniové nebo velkoplošné stavby, letiště, komerční výstavbu, srovnávání podkladních vrstev pod betonové podlahy a zemní práce s požadavkem na vysokou přesnost.

Mezi strojem a totální stanicí musí být zajištěna vzájemná viditelnost. Pokud totální stanice ztratí naváděcí cíl na stroji (např. stroj projede za překážkou), proběhne jeho automatické vyhledání a zacílení nebo řidič po odstranění překážky manuálně spustí opětovné vyhledávání záměrného cíle. [2]

Systém je využíván tam, kde je požadována co nejvyšší přesnost, nebo tam kde není možný příjem satelitních signálů (například haly, tunely – razicí práce atd.).

Obr. 16 Základní části metody řízení totální stanicí



Zdroj: http://www.geotronics.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=139&category_id=159&option=com_virtuemart&Itemid=10

4.7 Použití GPS k řízení zemních strojů (GPS Trimble R8)

3D satelitní navigační systém Trimble je vhodný pro automatické nebo indikační řízení skrejprů, dozerů nebo graderů. Stavební stroj vybavený tímto nivelačním systémem pracuje přímo podle vloženého digitálního modelu upravovaného terénu. Díky této technologii může stroj pracovat rychleji než kdykoli předtím a to i u nejkomplikovanějších projektů. Systém GPS umožňuje provádět zemní práce s maximální produktivitou a vysokou přesností – od bytové výstavby až po infrastrukturu.

Pokud je u satelitních systémů požadována vyšší přesnost, je možné stroj vybavit integrovaným laserovým senzorem, který umožní pracovat s přesností 3-6mm. [2]

GPS přijímače namontované na stožárech na radlici přijímají signály z více GPS satelitů současně, a určují tak polohu radlice v prostoru. Referenční stanice slouží k dosažení požadované centimetrové přesnosti. Její poloha musí být na začátku práce známá, neboť vysílá přes radiomodem zpřesňující korekce do stroje. [6]

Také u GPS nivelačních systémů je možný provoz s jednou nebo dvěma GPS anténami. V provozu se dvěma GPS anténami se zjišťuje jak výška a sklon radlice, tak i její prostorová orientace. Tím se minimalizují odchylky u systému s jednou GPS anténou, způsobené z výpočtu příčného sklonu radlice ze směru pohybu stroje a u dozerů natáčením 6-ti cestné radlice.

Projektovaný digitální model terénu-stavby bývá k dispozici v standardizovaných formátech. Nahraje se na paměťovou kartu, která se vloží do 3D řídicí jednotky. 3D řídicí jednotka zpracovává signály z GPS přijímačů, ze senzoru příčného sklonu

a referenční stanice a porovnává je s uloženými projektovanými hodnotami. Přes pracovní hydrauliku stroje řídicí jednotka neustále automaticky upravuje výšku a sklon radlice. Tím se v reálném čase modeluje terénní profil, který odpovídá projektovaným hodnotám z uloženého modelu. Veškeré výškové změny může obsluha sledovat jak na displeji řídicí jednotky, tak i na diodových lištách sloužících pro vizuální kontrolu.

Při dovybavení GPS systému o speciální laserový senzor SR300 je možné pracovat s vertikální přesností 3 - 6mm. [2]

Obr. 17 Základní části metody řízení systémem GPS



Zdroj: http://www.geotronics.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=139&category_id=159&option=com_virtuemart&Itemid=10

4.8 3D kontrola procesu zhutnění – řízení satelitní navigací

Po srovnání musí být daná vrstva materiálu zhutněna do přesné výšky, aby byla zaručena správná zatížitelnost. S Trimble zhutňovacím kontrolním systémem mohou stavební firmy přesně kontrolovat průběh zhutňovacích prací a zamezit nepotřebným přejezdům, které způsobují nadměrné zhutnění materiálu. [2]

Požadovaný stupeň zhutnění bude dosažen výrazně rychleji, přesněji a s minimem potřebných pojezdů. Materiálové anomálie zhutněné vrstvy (materiálově slabá místa, blokády) jsou včas systémem rozeznány a mohou být odstraněny, popřípadě znovu zhutněny a to ještě před tím než dojde k drahému dokončení.

4.9 Integrace řídicích systémů

Jednotlivé metody řízení stavebních strojů mají i některé nedostatky, proto se je snažíme eliminovat kombinací těchto metod. Lze použít kombinaci například laseru a ultrazvuku nebo

laseru a GPS. Kombinace přijímače GNSS se speciálním laserovým přístrojem rozmítacím modulovaný laserový svazek. Díky tomuto laserovému přístroji je zvýšena přesnost tohoto způsobu řízení strojů pomocí GNSS na přesnost dosahovanou při řízení pomocí totálních stanic.

5. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU AUTOMATIZACE PROCESU

Jedná se o posouzení technicko – technologických a ekonomicko – organizačních kritérií dle bodového ohodnocení.

Srovnání alternativ nákupu zařízení:

1. Technicko – technologické ohodnocení zařízení
2. Ekonomické posouzení zařízení - efektivnost investice
3. Organizačně – ekonomické posouzení dalších aspektů výběru

5.1 Technicko-technologické ohodnocení zařízení

Technická a technologická kritéria (požadavky) na jednotlivé skupiny stavebních strojů jsou dána především pracovními podmínkami, ve kterých bude daný stroj využíván. Provozovatel stroje na základě svých zkušeností a předpokládaných trendů ve své budoucí činnosti se musí snažit co nejlépe specifikovat technické požadavky pro každou skupinu strojů (dosah pracovního stroje, měrný tlak stroje na podložku, velikost měrné síly apod.). Musí stanovit, které požadavky považuje za potřebné. [7]

5.2 Ekonomické posouzení zařízení – efektivnost investic

Hodnocením efektivnosti investičních projektů a jejich výběrem se zabývá finanční management. Metody posouzení efektivnosti investic se zpravidla rozdělují podle toho, zda přihlížejí nebo nepřihlížejí k faktoru času. Je však třeba preferovat metody, které faktor času respektují. Při výběru projektů je nezbytné dbát na jejich srovnatelnost. V neposlední řadě je důležité zajistit reálné vstupní údaje o investičních výdajích a peněžních příjmech z investice. Metody, používané pro hodnocení efektivnosti investičních projektů, chápeme jako efekt investování snížený o daně ze zisku. Z finančního hlediska však účetní zisk nepředstavuje celkový tok peněžních příjmů z investice, protože neobsahuje příjmy ve formě odpisů. Pomocí různé odpisové politiky může podnik zisk snižovat (zvyšovat) a tím, do určité míry, ovlivňovat pohled na efektivnost investičních projektů měřenou ziskem. [7]

5.3 Porovnávací veličiny pro hodnocení jednotlivých druhů řídicích systémů

5.3.1 Přesnost

Nejdůležitější veličinou při řízení zemních strojů je přesnost. Každý řídicí systém má jinou přesnost, která je dána počtem senzorů. Při používání současných metod, bez moderních způsobů řízení, můžeme také dosáhnout obdobné přesnosti, ale za cenu většího počtu přejezdů po pracovní ploše. To je dále ovlivňováno schopností obsluhy, která musí mít dobrý odhad a bohaté zkušenosti. Přesnost je dále ovlivňována rychlostí pojezdu. Při optimální rychlosti pojezdu stroje je zajištěna maximální výkonnost při udržení dané přesnosti. [7]

5.3.2 Spolehlivost

Další důležitou hodnotou je spolehlivost všech komponentů systému. Spolehlivost stroje je určována v rozmezí teplot a odolností proti rušivým vlivům okolí, jako jsou například otřesy při jízdě po více nerovném terénu a třeba prašnost.

5.3.3 Rychlost reakce

Je to rychlost reakce pracovního nástroje (například radlice) na změnu pracovních podmínek. Je důležité, aby například při změně vzdálenosti senzoru od pracovního povrchu byla korekce na pracovním nástroji provedena co nejrychleji, aniž by bylo nutné zastavit stroj a znovu se rozjíždět. [7]

5.3.4 Spotřeba pohonných hmot

Nezanedbatelným kritériem, které je uživateli stroje často požadováno, je spotřeba pohonných hmot, protože je to přímým a ihned viditelným ukazatelem v nákladech na stroj. Je tedy zřejmé, že když používáme stroj s nízkou spotřebou, můžeme dále šetřit jen na počtu přejezdů dané jednotkové plochy. I zde je nutné posoudit, zda je vhodnější s tím daným systémem zvolit metodu jednoho méně přesného přejezdu za užití větší pojezdové rychlosti a při druhé pomalé jízdě splnit požadovanou přesnost. Druhou metodou je jedna pomalá jízda s dosažením dané přesnosti, ale na úkor větší spotřeby pohonných hmot, z důvodu velkého odporu materiálu, než při jízdě předchozím způsobem. [7]

5.3.5 Úspora geodetických prací

Další veličinou, která spíše určuje náklady na dílo, jsou úspory na geodetické práce. V první řadě se jedná o omezení nákladů na vytyčení. Někdy se provádí pouze zaměření referenčního bodu nebo referenční plochy. Odpadá i dohled na přesnost práce. [7]

5.3.6 Cena navigační techniky

Pro firmy je jednou z nejdůležitějších veličin cena daného zařízení. V současné době je u nás nejpoužívanější laserový a ultrazvukovým systém řízení stavebních strojů. Systémy, jako jsou totální stanice a GPS se u nás rozšiřují čím dál tím víc, ale jejich častější používání je limitováno jejich poměrně vysokou cenou. Na druhou stranu toto vedení stavebního stroje umožňuje vytvořit mnohem složitější reliéf, než laserem.

6. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo porovnat moderní řídicí metody zemních strojů.

Vývoj automatizovaných systémů řízení je obecnou zákonitostí vývoje společnosti a promítá se i do stavebnictví. Zavádění automatizace v řízení stavebních nivelačních strojů přináší i přes zvýšené investice a zvýšení požadavků na technickou úroveň obsluhy a údržby stroje plno výhod.

Těchto výhod je celá řada jako například zvýšená kvalita provedených prací, zvýšení výkonů strojů, snížení spotřeby energie a surovin, úsporu pracovních sil, zvyšování bezpečnosti práce a nejdůležitější je finanční úspora (investice se rozhodně vyplatí).

Tyto nové způsoby využívající novou generaci měřicích systémů, s cílem automatizovat a robotizovat tuto činnost s řadou aplikací. Tyto moderní metody jsou vybaveny vyhodnocovací technikou, ta umožňuje za pohybu kinematickým způsobem určovat průběžnou polohu řízených strojů a robotizovaných systémů v reálném čase a s vysokou přesností.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Wikipedia* [online]. leden 2001 [cit. 2010-04-20]. Www.wikipedia.cz. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana>.
- [2] *Geotronics* [online]. 2008 [cit. 2010-04-20]. Www.geotronics.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.geotronics.cz/>>.
- [3] VANĚK, Antonín. *Strojní zařízení pro stavební práce*. Praha: Sobotáles, 1999. 304 s. ISBN 80-85920-61-1.
- [4] KAŠPAR, Milan; VOŠTOVÁ, Věra. *Lasery ve stavebnictví a navigace strojů*. Praha: ČKAIT, 2001. 148 s. ISBN 80-86364-61-5.
- [5] *Dessystem* [online]. září 2009 [cit. 2010-04-20]. Www.dessystem.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.dessystem.cz/>>.
- [6] *Obchod.geodis* [online]. 2009 [cit. 2010-04-20]. [Http://obchod.geodis.cz](http://obchod.geodis.cz). Dostupné z WWW: <<http://obchod.geodis.cz/index.php>>.
- [7] VOŠTOVÁ, Věra, et al. *Progresivní technika v technologiích zemních prací*. Praha: Fakulta strojní, 2008. 235 s. ISBN 978-80-01-04221-2.

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklady zemních strojů vedených moderními přístroji

Obr. 2 Rypadlo Caterpillar na pásovém podvozku

Obr. 3 Buldozer Caterpillar na pásovém podvozku

Obr. 4 Schéma angledozeru

Obr. 5 Schéma tiltdozeru

Obr. 6 Vibrační válec Caterpillar řízený metodou GPS

Obr. 7 Grader Caterpillar řízený metodou GPS

Obr. 8 Dvounápravový scraper Caterpillar

Obr. 9 Graf prahu slyšitelnosti

Obr. 10 Ultrazvukový senzor Trimble

Obr. 11 Buldozer Caterpillar řízený laserem umístěným na stativu

Obr. 12 Grader Volvo řízený totální stanicí Trimble R6

Obr. 13 Satelit GPS na oběžné dráze Země

Obr. 14 Buldozer Caterpillar řízený dvěma přijímači Gps

Obr. 15 Základní části metody řízení laserem na graderu

Obr. 16 Základní části metody řízení totální stanicí

Obr. 17 Základní části metody řízení systémem GPS

9. PŘÍLOHY

Příloha 1: Technické parametry laseru RT-5SW

Přesnost	±5"
Rozsah samourovňování	±5°
Rozsah sklonu	±25%
Dosah (průměr)	1200 m (při 600 [ot./min]) s LS-70A/B
Rychlost otáčení	300 / 600 / 900 ot/min
Zdroj světla	Laserová dioda 685nm - viditelné červené světlo (třída IIIa - 1.3mW~4.9mW)
Automatické zacílení do osy sklonu	Ano
Baterie	Čtyři suché baterie nebo BT-45Q (dobíjení za provozu)
Provozní doba	Suché baterie- 40 hodin BT-45Q - 30h
Stativový šroub	5/8" x 11 závitů
Odolnost proti vodě	IPX 6
Pracovní teplota	-20°C ~ +50°C
Rozměry	203(D)x286(Š)x337(V) mm
Hmotnost	7.9 kg včetně suchých baterií 8.0 kg včetně dobíjecích baterií

Zdroj: <http://obchod.geodis.cz/laser/rt-5sw>

Příloha 2: Technické informace přístroje GPS Trimble R6

Měření

- Trimble R-Track technologie
- Pokročilý Trimble Maxwell™ Custom Survey GNSS čip
- Vysoce přesný vícenásobný korelátor pro měření
- Nefiltrované, nevyhlazené pseudovzdálenosti pro nízký šum nízkou chybou z multipath, pro rychlou korelaci a dynamickou odezvu
- Měření GNSS nosné vlny s velmi nízkým šumem a s přesností < 1 mm v pásmu 1 Hz
- Sledování poměrů signál - šum v dB-Hz
- Osvědčená Trimble technologie sledování družic s nízkou elevací
- 72 kanálů:
 - GPS L1 C/A kód, plná fáze L1/L2
 - GLONASS L1 C/A kód, L1 P kód, L2 P kód, plná fáze L1/L2
 - podpora WAAS/EGNOS1

Diferenční kódové měření	GPS2
Poloha	±0,25 m + 1 ppm RMS
Výška	±0,50 m + 1 ppm RMS
přesnost WAAS korekcí ³	typicky < 5m 3D RMS
Statická a Rychlá statická metoda	GPS2
Poloha	±5 mm +0,5 ppm RMS
Výška	±5 mm + 1 ppm RMS
Kinematická metoda	2
Poloha	±10 mm + 1 ppm RMS
Výška	±20 mm + 1 ppm RMS
Doba inicializace	Typicky < 25-30 sekund
Spolehlivost inicializace	Typicky > 99.9% ⁴

Hardware

Přístroj

Rozměry (šířka x výška) 19 cm x 11,5 cm,

včetně konektorů

Hmotnost	1,35 kg s vnitřní baterií,
vnitřním rádiomodemem a standardní GSM/GPRS anténou.	
3,71 kg váží celý RTK rover včetně baterií, výtyčky, kontroleru a držáku.	
Teplota	5
Pracovní	-40 °C až +65 °C
Skladovací	-40 °C až +75 °C
Vlhkost	100% vzdušná vlhkost
Vodotěsnost	IPX7 konstrukce pro ponoření do hloubky 1 m

Náraz a vibrace Bylo testováno a vyhovuje následujícím standardům:

Náraz: vydrží pád z výtyčky z výšky	až 2 m na beton.
Pracuje při nárazech	až do 40 G, 10 msec.
Vibrace	MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

Napájení

Externí napájení 11–28V stejnosměrného proudu s ochranou proti vyššímu napětí v portu 1 (7-pin Lemo)

Nabíjecí, vyjímatelné Li-Ion baterie (7,4 V, 2,0 Ah)

ve vnitřní přihrádce. Spotřeba v RTK módu s vnitřním rádiomodemem je menší jak 3,1 W. Pracovní čas na vnitřní baterii:

3,8 hodin, liší se podle teploty

Certifikát třídy B část 15, 22, 24, 90 FCC, 850/1900

MHz. Třída 10 GSM/GPRS modulu. CE Mark a C-tick schváleno.

Komunikace a uchování dat

3-wire sériový (7-pin Lemo) na portu 1. Plný RS-232

sériový na portu 2 (Dsub 9 pin)

Plně integrované a uzavřené vnitřní radio 450MHz

přijímací/vysílací

- vysílací výkon:0,5W

- Dosah5: 3-5 km typicky/ 10km optimálně

Plně integrovaný a uzavřený vnitřní GSM/GPRS6

Plně integrovaný a uzavřený 2,4 Ghz komunikační
port (Bluetooth®)6

Externí mobilní telefon pro VRS/RTK je podporován pro
GSM/GPRS/CDPD

Uchování dat do 11 MB vnitřní paměti: 302 hodin surových
observací při zápisu dat z 6 družic v 15 sekundových
intervalech

Rychlost měření 1 Hz, 2Hz, 5 Hz a 10 Hz

Vstup a výstup ve formátech CMRII, CMR+, RTCM 2.1,
RTCM 2,3 a RTCM 3,0

16 NMEA výstupy. GSOF a RT17 výstupy. Podporuje
BINEX a vyhlazenou frekvenci

Zdroj:http://www.geotronics.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=8&category_id=19&option=com_virtuemart&Itemid=7

Příloha 3: Technické parametry totální stanice

Měření úhlů

Přesnost (směrodatná odchylka podle DIN 18723)	1''(0,3 mgon)
Čtení úhlů	
Standard	1'' or 0,1 mgon
Tracking	1'' or 0,1 mgon
Automatický kompenzátor	dvouosý v rozsahu $\pm 6'$ (± 100 mgon)

Měření délek

Přesnost (směrodatná odchylka)

Na hranol 2-5500 m

Standard	$\pm (3\text{mm} + 2 \text{ ppm})$
Tracking	$\pm (10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$

Direct Reflex 5-300 m

Standard	$\pm (3\text{mm} + 2 \text{ ppm})$
Tracking	$\pm (10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$
>300 m Standard	$\pm (5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$

Doba měření

Na hranol

Standard	1,2 s
Tracking	0,4 s
Aritmetický průměr	1,2 s na jedno měření

Direct Reflex

Standard	1-5 s
Tracking	0,4 s
Aritmetický průměr	1-5 s na jedno měření

Dosah (standardní viditelnost)

Na hranol

1 hranol	2500 m
1 hranol Long Range mód	5500 m (maximální dosa)
3 hranoly	3500 m
3 hranoly Long Range mód	5500 m (maximální dosah)
Nejkratší měřitelná délka na hranol	0,2 m

Všeobecné vlastnosti

Zdroj světla	pulsní laserová dioda 870 nm, Laser třídy 1
Laserový koaxiální pointer (standardně)	Laser třídy 2
Rozptyl paprsku	
Horizontálně	4 cm/100 m
Vertikálně	8 cm/100 m
Atmosferická korekce	-130 ppm až 160 ppm kontinuálně
Horizontace	
Krabicová libela v trojnožce	8"/2 mm
Elektronická dvouosá libela na displeji	3"(0,1 mgon)
Rychlost rotace	115 stupňů/sekundu (128 gon/s)
Čas k proložení z první do druhé polohy	3,2 s
Rychlost nastavení do polohy o 180 stupňů (200 gon)	3,2 s
Ustanovky na jemný pohyb	Servo pohon, nekonečně jemné ustanovky
Centrace	
Systém centrace	Trimble trojnožka, 3 trny
Optický centrovač	vestavěný optický
Zvětšení/rozsah zaostření	2,3x/0,5m-nekonečno
Dalekohled	
Zvětšení	30x
Světelnost objektivu	40 mm
Zorné pole na 100 m	2,6 m
Rozsah ostření	1,5 m – nekonečno
Osvětlení nitkového kříže	nastavitelné v deseti krocích
Vestavěné vytyčovací světlo	standardně
Provozní teplota	-20 °C až +50°C
Odolnost proti prachu a vodě	IP55
Zdroj napětí	
Vnitřní baterie	dobíjecí Li-ion baterie, 11,1 V, 4,4 Ah
Doba provozu	
Jedna vnitřní baterie	přibližně 6 hodin
Tři vnitřní baterie v držáku	přibližně 18 hodin
Držák pro robotič s jednou vnitřní baterií	12 hodin
Hmotnost	
Přístroj (servo/autlok)	5,15 kg

Přístroj (Robotic)	5,25 kg
Trimble CU polní počítač	0,4 kg
Trojnožka	0,7 kg
Vnitřní baterie	0,35 kg
Výška točné osy dalekohledu	196 mm

Zdroj: http://www.geotronics.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=4&category_id=15&option=com_virtuemart&Itemid=7