

# Od pilotních projektů k běžné praxi

## Jak přistupovat ke strojově řízené rekonstrukci silnice

Zuzana Hromková

Lukáš Kutil

**STRABAG**  
WORK ON PROGRESS

# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice



Lukáš Kutil

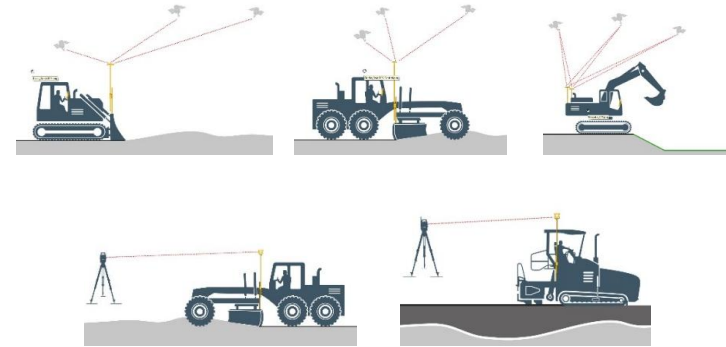
**STRABAG**  
WORK ON PROGRESS

# Strojově řízená stavba

Strojově řízená stavba (Machine Control) je technologie využívající GNSS, totální stanice a senzorů k automatickému navádění stavebních strojů (strojní navádění) podle digitálních modelů.

**Strojní navádění** je dnes běžnou součástí při realizaci **nových staveb**, a to především díky **zvýšení produktivity o 20 – 60 %** a možnosti využití **projektové dokumentace ve formě 3D povrchů**.

- ✓ Vyšší přesnost a snížení chybovosti
- ✓ Optimalizace využití materiálu
- ✓ Úspora času a zvýšení produktivity
- ✓ Snížení spotřeby paliva a opotřebení strojů
- ✓ Eliminace vytyčení a efektivnější dokumentace



Studie a články: <https://bimlearningcenter.com/roi-of-machine-control-calculate-your-hard-savings-per-mile/>

# Strojově řízená stavba

Strojní navádění je dnes běžnou součástí při **realizaci nových staveb**.

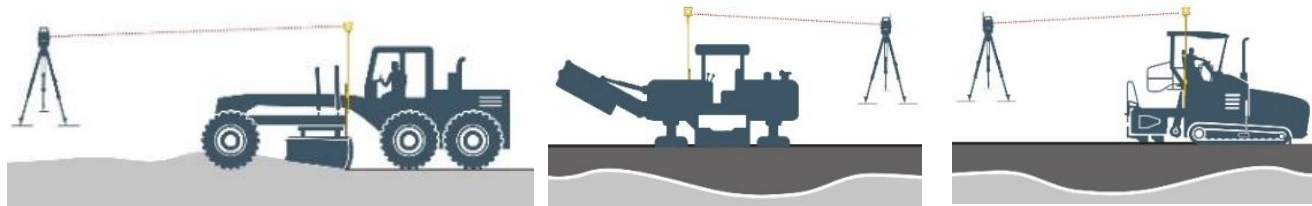
Stejné benefity přináší i u **rekonstrukcí => vyšší přesnost, efektivitu a úsporu času**.

**Strojově řízená stavba je standard u nových staveb x výzva u rekonstrukcí**

☑ **Nové stavby** – běžná součást moderních stavebních procesů – postup:

1. příprava stavby body **bodového pole** a kontrolní body
2. kontrola a **nahrání 3D modelu stavby** (projektová dokumentace) do řídicího systému stroje
3. stroj využívá GNSS, totální stanici nebo laser k přesnému **navádění dle modelu**

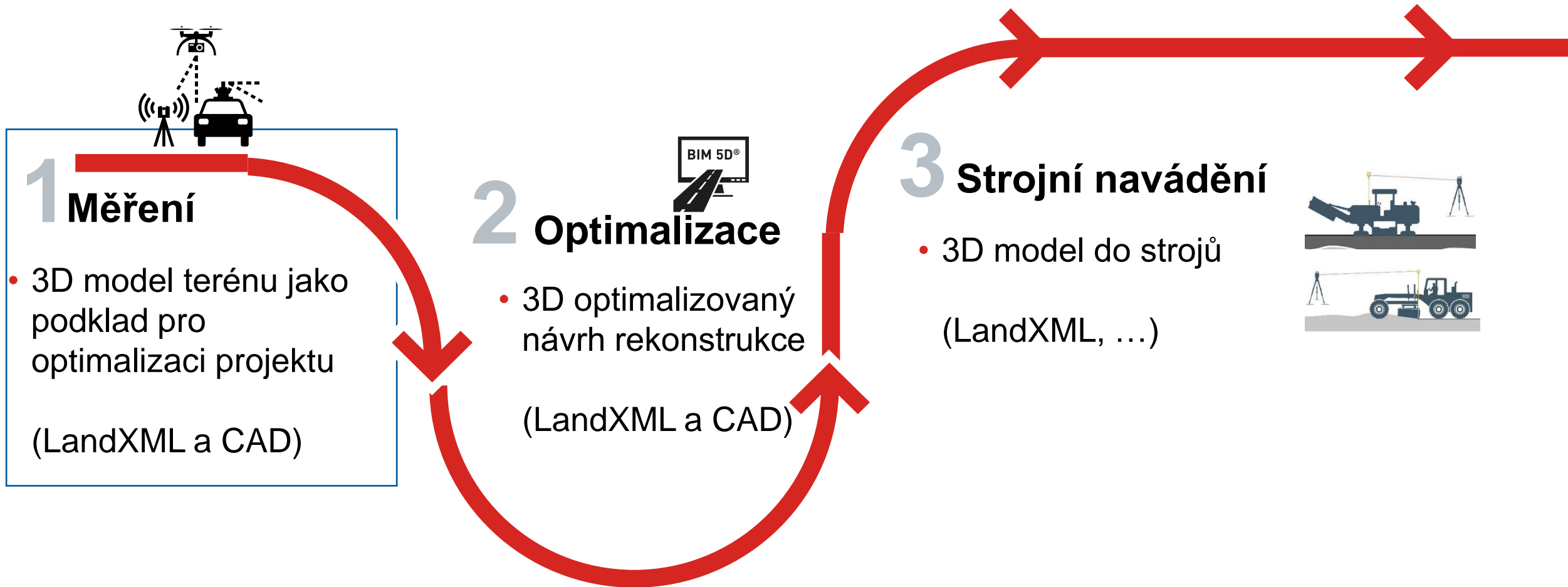
☑ **Rekonstrukce** – stejná efektivita a přesnost, málo využíváno. Proč?



# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice

5

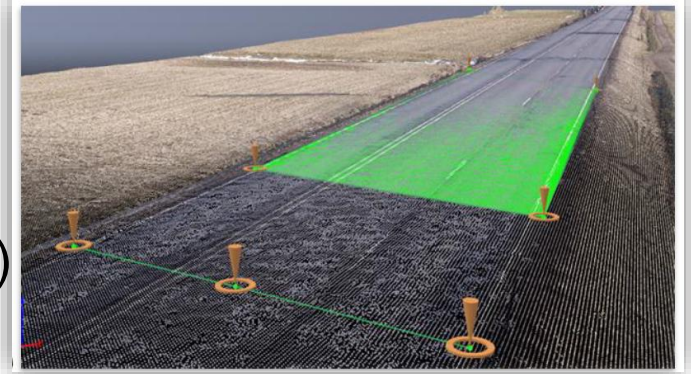
Pracovní postup zhotovitele u většiny rekonstrukcí



# 1 Měření

## Zaměření terénu jako podklad pro optimalizace projektu

- **přesnost** - do 1 cm výškově
- **hustota** - vystižené nerovnosti (mračno bodů nebo měření 1-10m)
- **bodové pole** - připojení po celou dobu rekonstrukce - návaznost



## Technologie a postup měření není rozhodující důležité je dosažení požadovaných výstupů

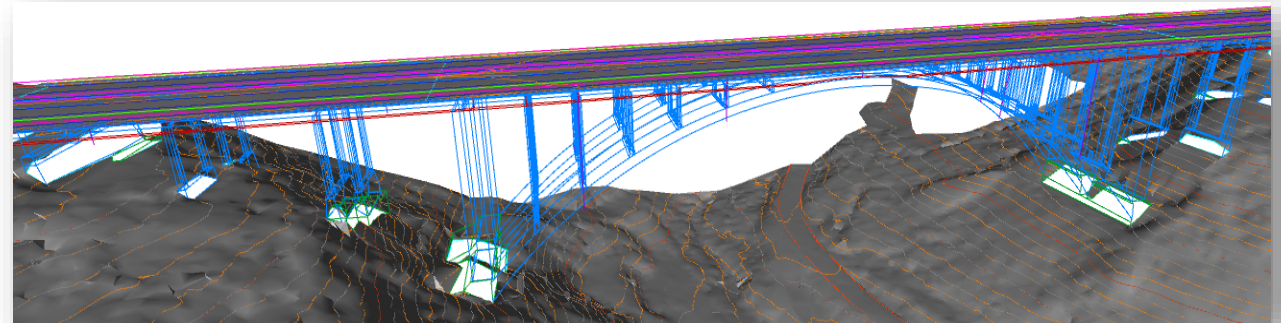
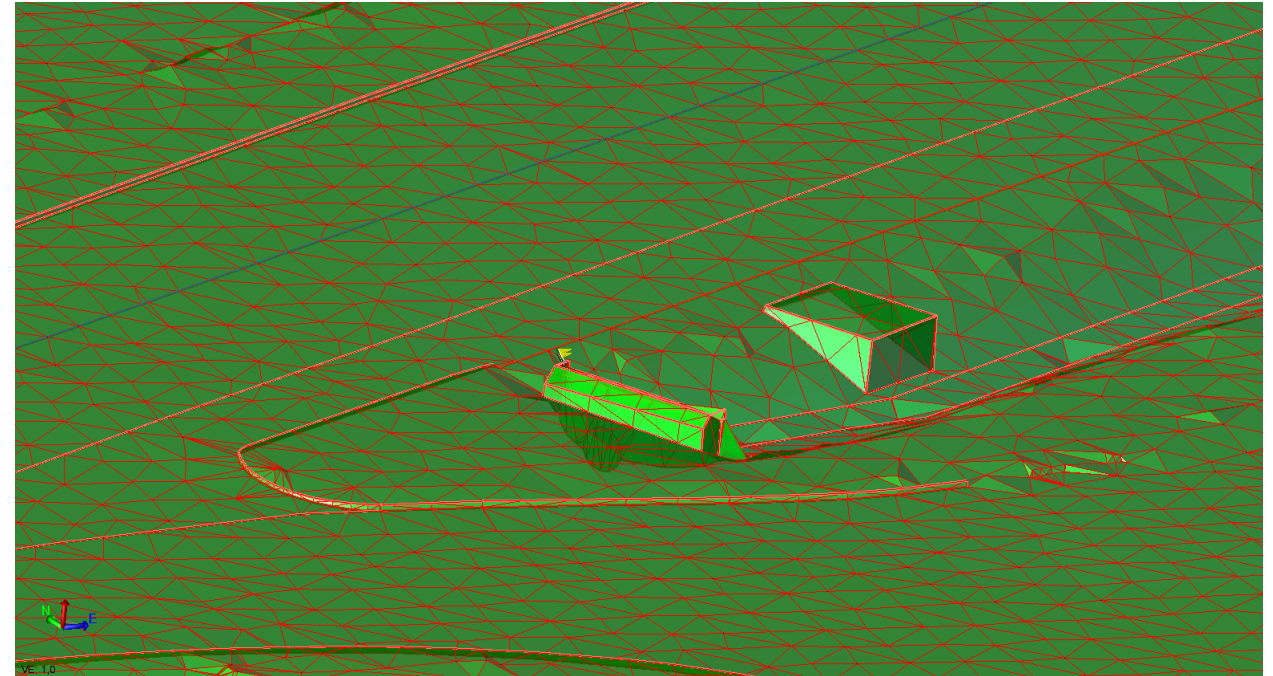
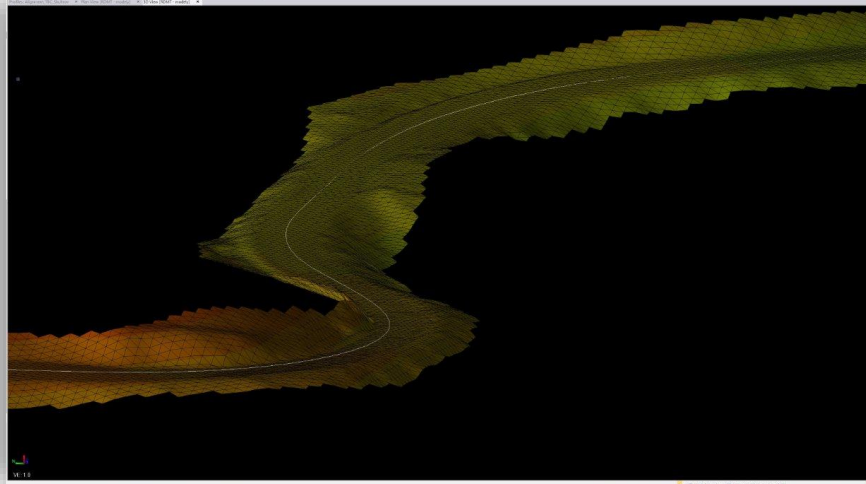
- tradiční metody (GNSS, UTS)
- laserové skenování
- drony



# 1 Měření

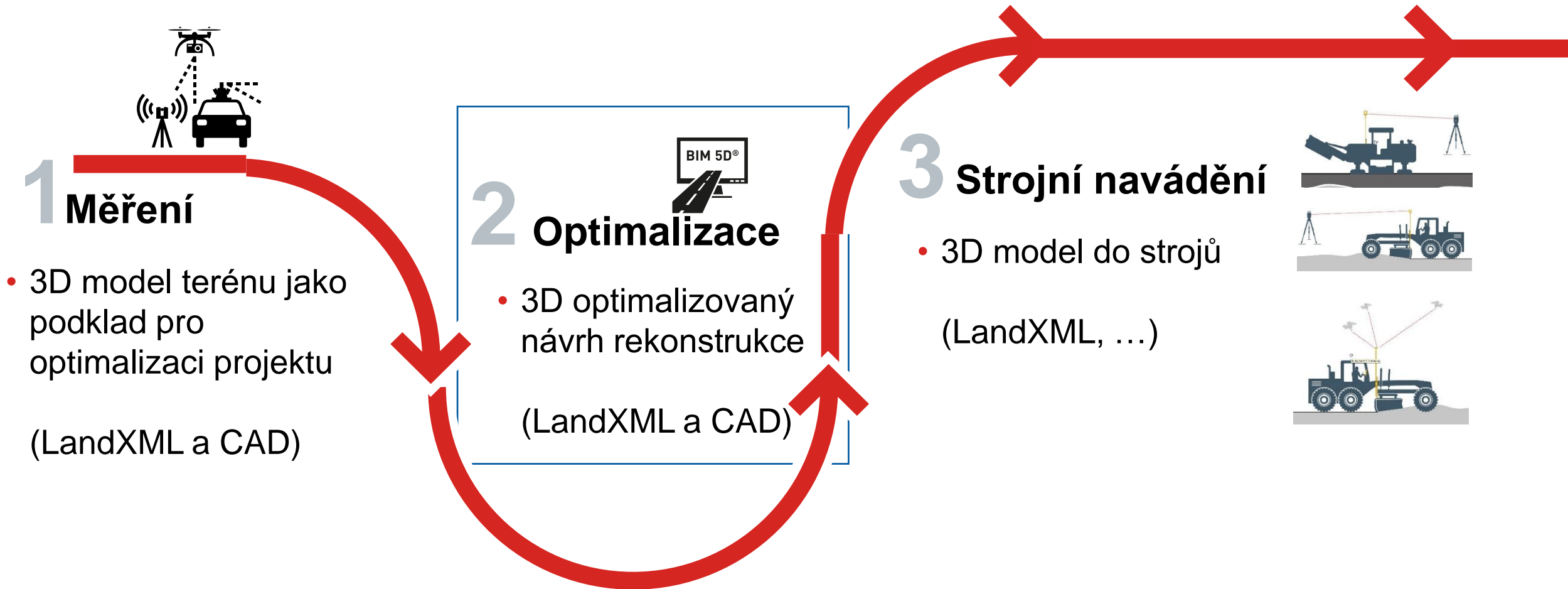
## Podklad pro optimalizaci projektu

- 3D digitální mapové podklady
  - vektorová mapa
  - digitální model terénu (**LandXML** a CAD)
- mračna bodů
- technická zpráva



# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice

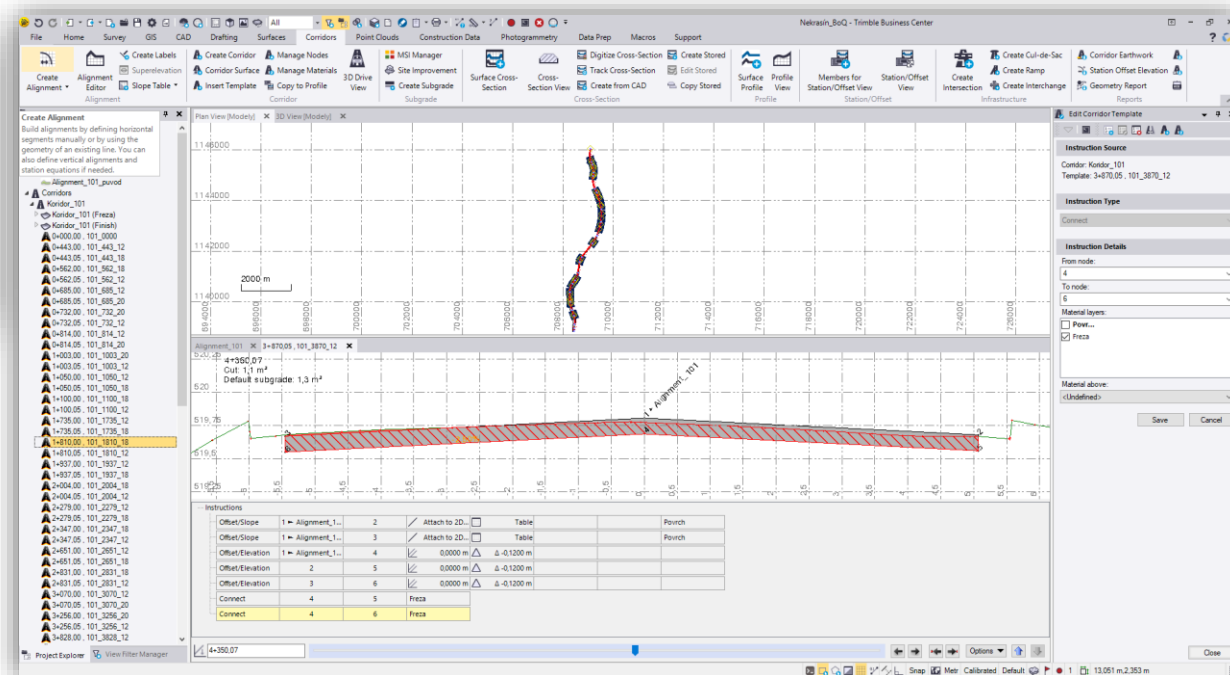
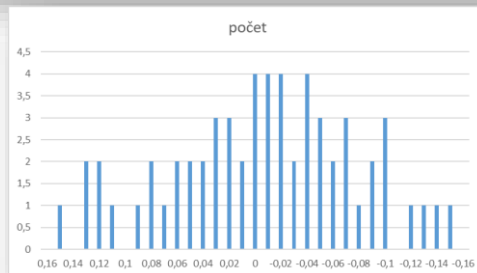
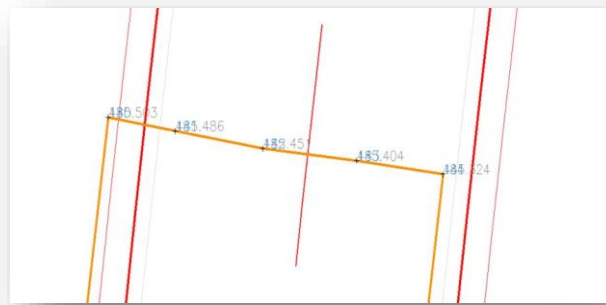
## Pracovní postup u většiny rekonstrukcí



# 2 Optimalizace

## 1. Ověření stávajícího projektu a geodetického podkladu pro projekt

- odchylky kontrolního měření nad rámec KZPGP (Kontrolní a zkušební plán geodetických podkladů)
- nesoulad směrového řešení – posunutá stavba (*metry*)
- nesoulad **výškového řešení** – podélný profil výškově neodpovídá realitě (*decimetry*)
- nesoulad sklonů a výšek v napojení trasy rekonstrukce – začátek a konec, vjezdy, křižovatky (*stupně*)
- nekompletnost podkladů - klopení a příčné řezy nejsou k dispozici



# 2 Optimalizace

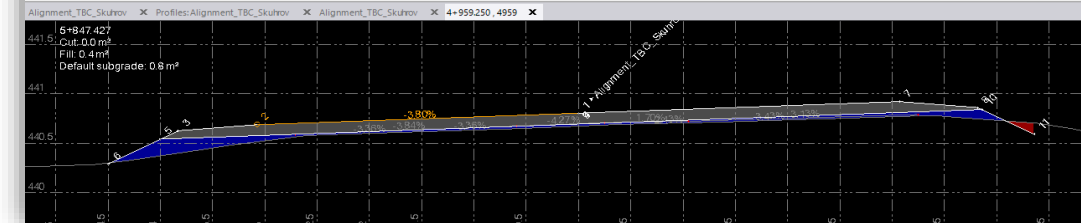
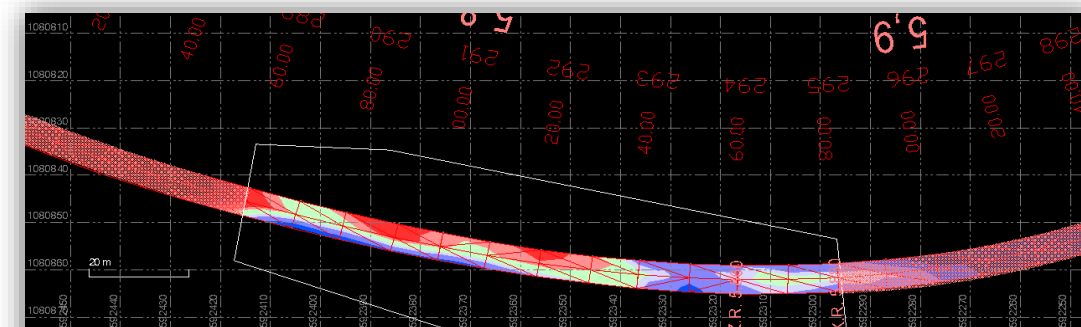
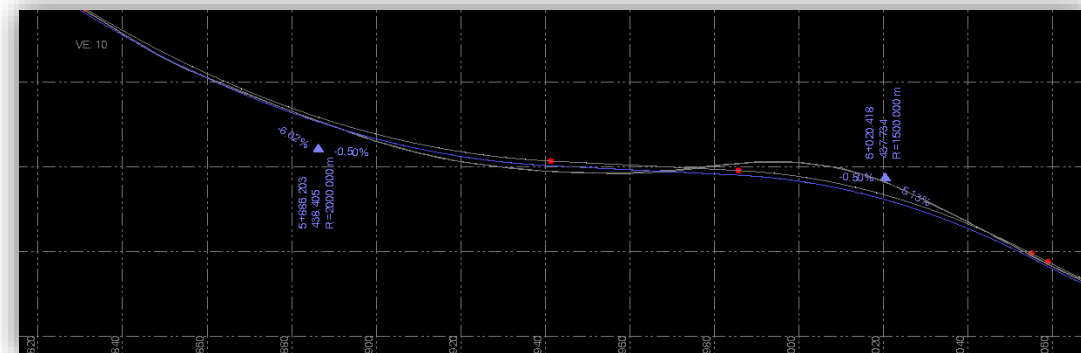
## 2. Návrh a modelace optimálního řešení

- stanovení okrajových podmínek – investor/projektant
- změna výšky nebo poloměru podélného profilu
- změna polohy osy komunikace
- změna šířky vozovky
- změna příčného sklonu vozovky

### => kvalitní a optimalizovaný podklad

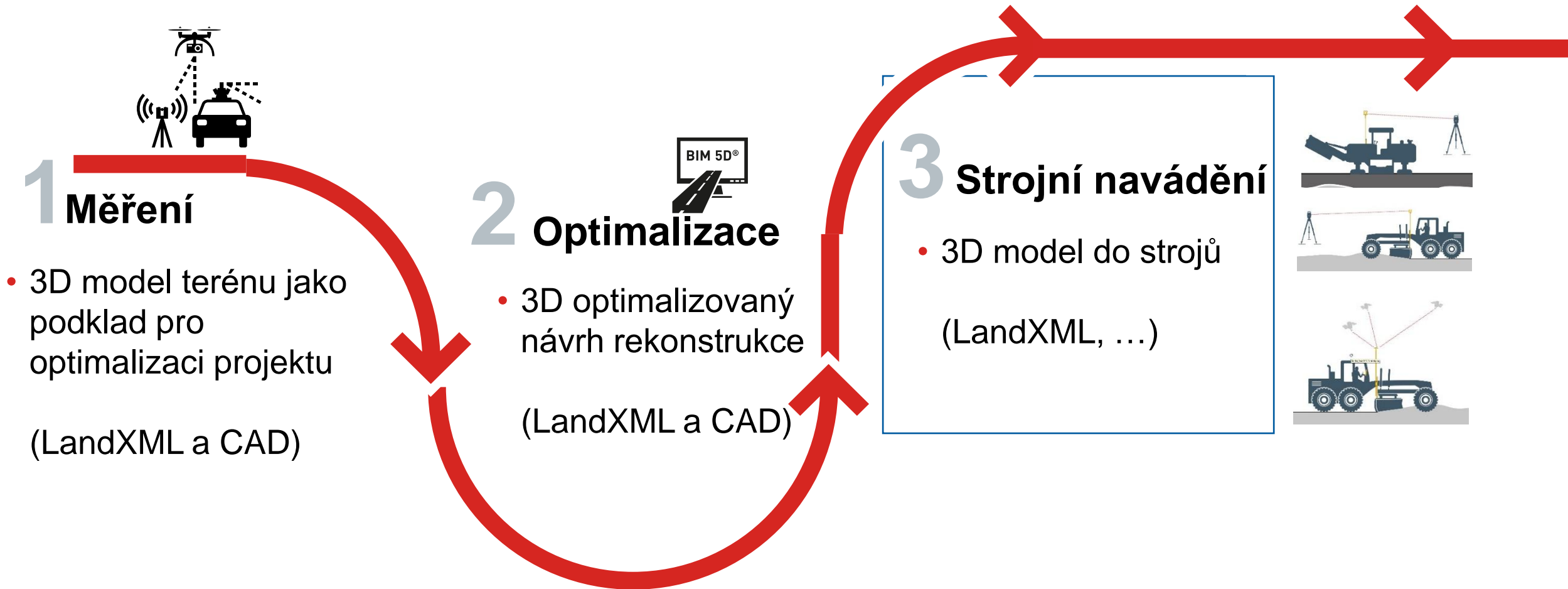
- digitální návrh rekonstrukce
  - (LandXML a CAD)
- schválení změn - investorem/projektantem

optimalizace doplňuje projekt pro 3D využití



# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice

## Pracovní postup u většiny rekonstrukcí

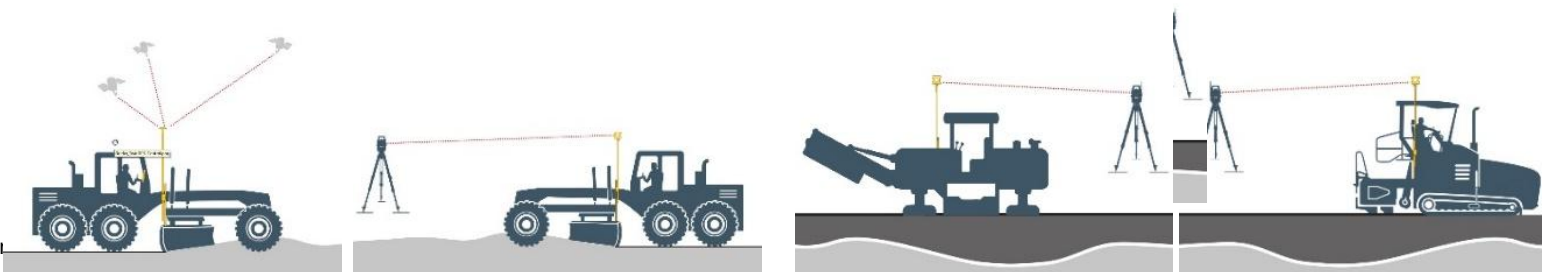
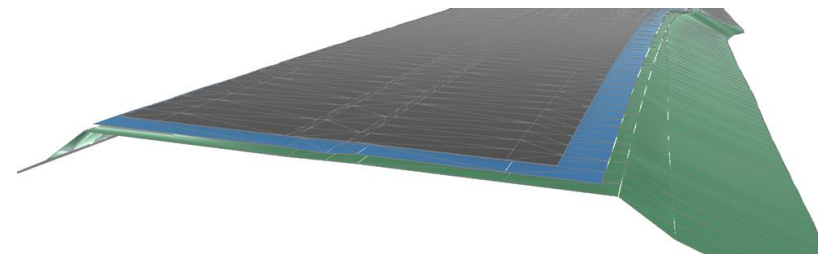


# 3 Strojní navádění

- Technologie využívající optické systémy (**UTS**), satelitní systémy (**GNSS**) a senzory k automatizaci a přesnému řízení **stavebních strojů** při výstavbě **nebo rekonstrukci silnic**.

## Základní princip 3D navádění:

- navádění podle **3D modelu**
  - **absolutní výšky** (UTS Totální stanice nebo GNSS)
  - **diferenciální výšky** (Smoothride, Exact, Tyker - GNSS) – fréza nebo finišer
- totální stanice UTS x satelitní navigace GNSS
- indikačně x automaticky x autonomně



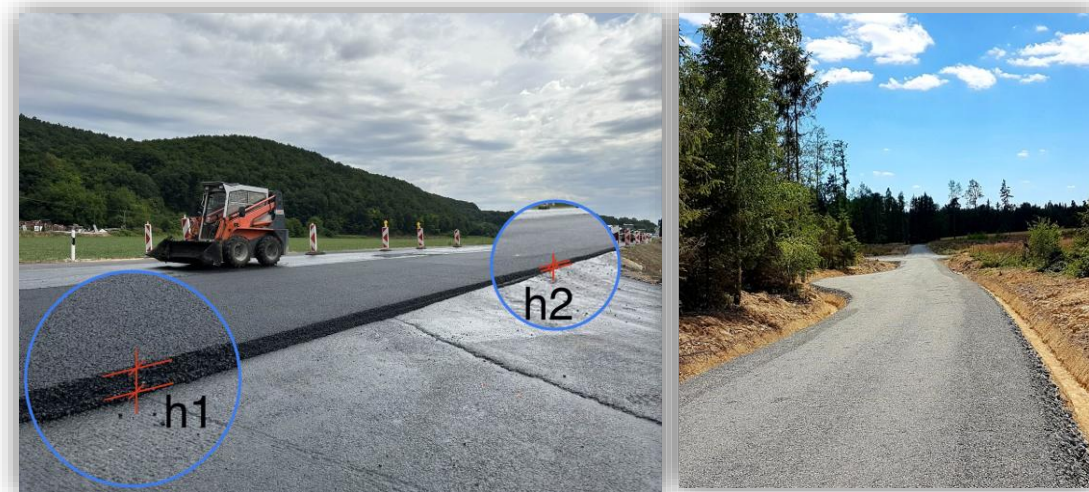
# 3 Strojní navádění - strojově řízená **rekonstrukce silnice**

**výběr technologie a stroje se vždy přizpůsobuje konkrétnímu projektu rekonstrukce**

- Činnost: vrstvení kameniva, frézování, pokládka
- Stroje: zemní fréza, grejdr, fréza, finišer

**Systemy:**

- Trimble, Topcon, Leica, Moba
- SmoothRide, Exact, Tyker



# 3 Strojní navádění - strojově řízená **rekonstrukce silnice**

**Strojově řízená rekonstrukce podle modelu přináší tyto úspory nezávisle na technologii:**

- optimalizace materiálu
- úspora času – zkrácení doby výstavby
- nahrazení vytyčení stavby – sprejování výšek a sklonů, lankodráhy

**Strojově řízená rekonstrukce podle modelu zlepšuje tyto parametry:**

- normové parametry (příčné a podélné sklony) – vyšší přesnost
- kvalitativní parametry (IRI)
- bezpečnostní parametry (odvodnění komunikace)
- návaznost na okolí a povrchové znaky (obrubníky, křižovatky, kanály, vjezdy, apod)

# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice

15

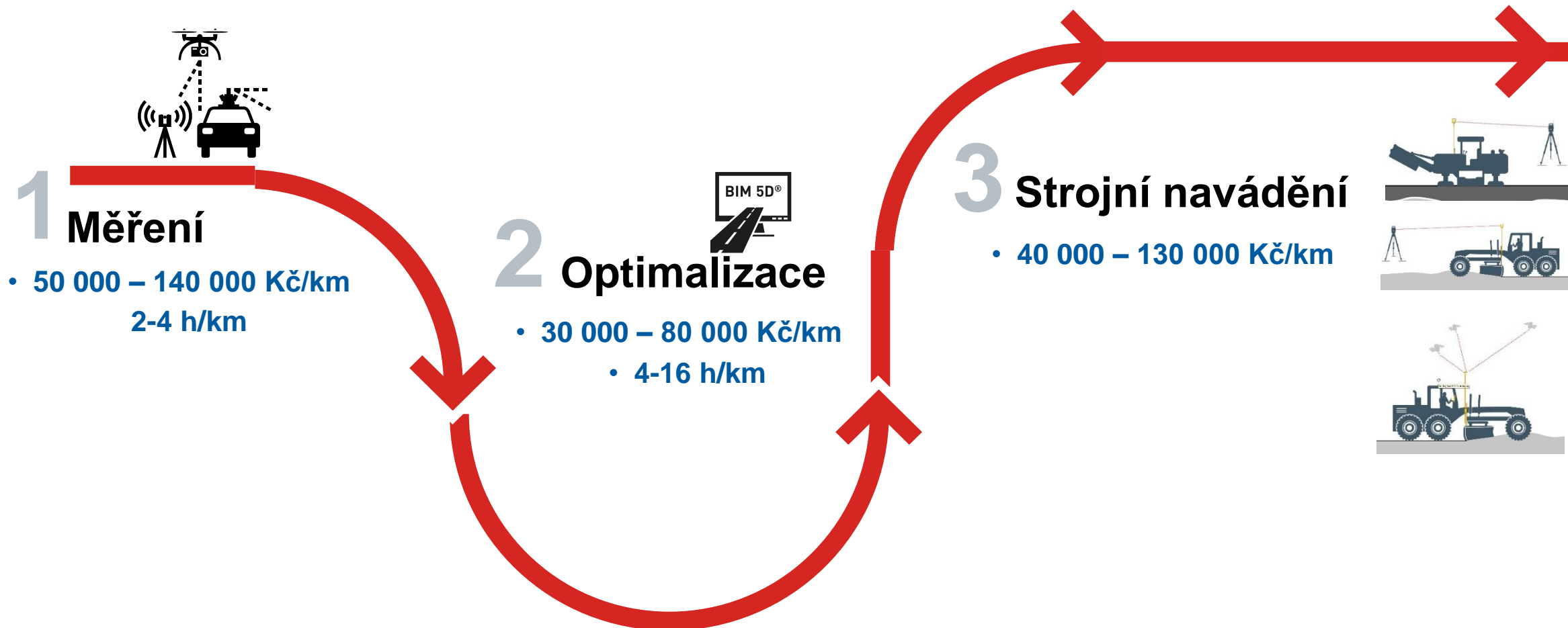
- ☑ **Nové stavby** – běžná součást moderních stavebních procesů díky dostupné projektové dokumentaci
- ☑ **Rekonstrukce** – stejná efektivita a přesnost, ale málo používané protože:

**Prováděcí projektová dokumentace  
je často nepoužitelná pro přímé strojní navádění u rekonstrukcí.**

- ☞ **potřeba nového měření a optimalizace projektu – cena a čas**

# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice

Pracovní postup zhotovitele u většiny rekonstrukcí – cena a čas



# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice

Proběhla řada pilotních projektů s pomocí strojově řízené rekonstrukce:

- ☑ Rekonstrukce silnice II/315 Skuhrov – Lanškroun (3,5km)
- ☑ Oprava silnice I/34 Nekrasín - Vodná (7,5km)
- ☑ Oprava silnice Janova Lehota - (7,0km)
- ☑ Oprava silnice Čečelice - (1,5km)
- ☑ Oprava silnice Broumarská - (2,0km)

...

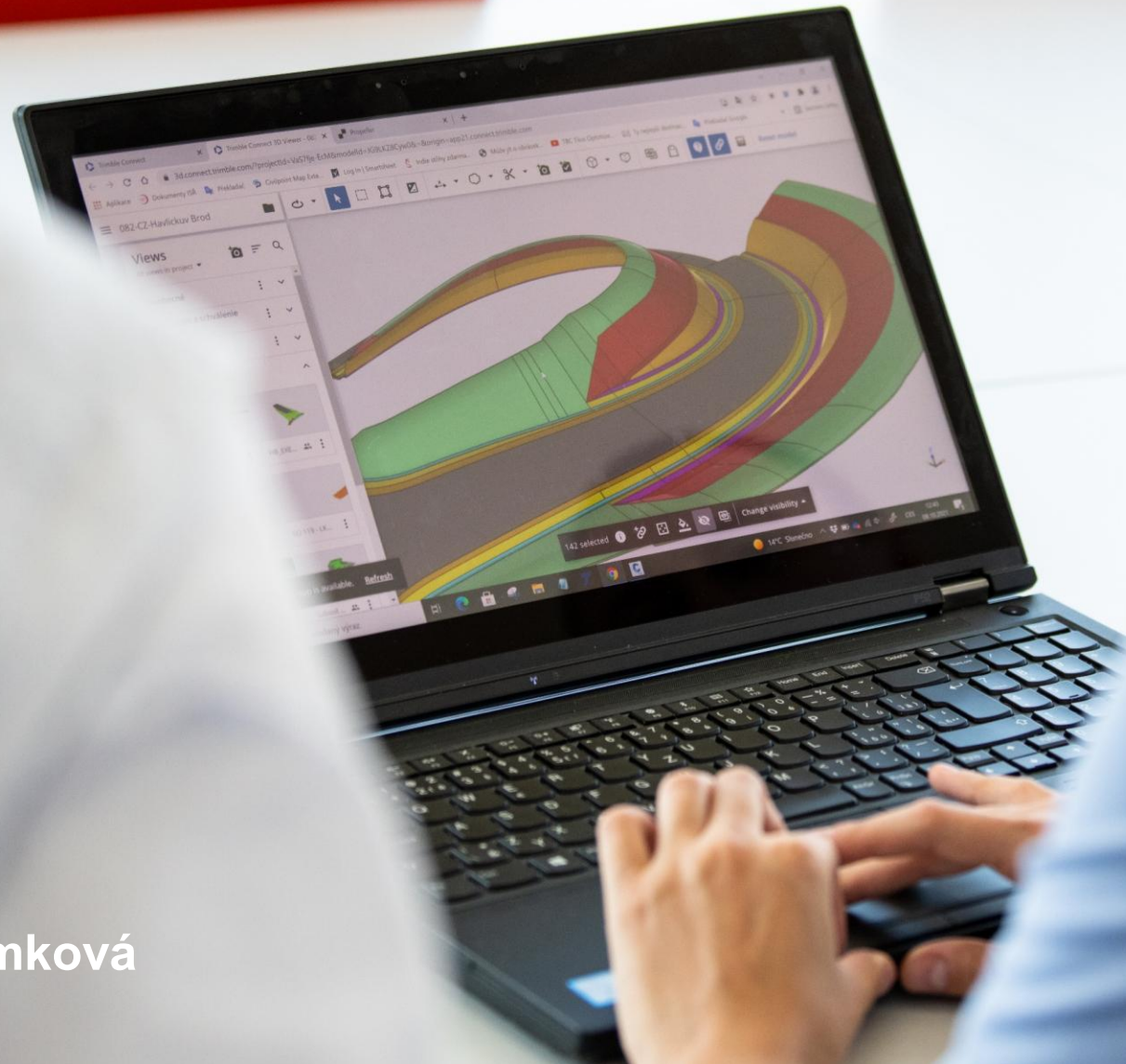


# Strojní navádění - strojově řízená **rekonstrukce** silnice

## Rizika:

- **dodatečné náklady** (není oceněno v položkách) – cca **70 000 - 220 000 Kč/km**
- **málo času na přípravu** od výběrového řízení do realizace
- **rozpor s projektovou** (zadávací) **dokumentací** – **diskuze nad schválením změn zadavatelem/projektantem**

# Prováděcí projektová dokumentace



Zuzana Hromková

**STRABAG**  
WORK ON PROGRESS

# Prováděcí projektová dokumentace

Prováděcí projektovou dokumentaci můžeme rozdělit z hlediska použitelnosti pro řízenou rekonstrukci:

## 2D = výškově neřešená dokumentace

A) běžné u oprav - projekt nelze použít pro strojově řízenou rekonstrukci a nelze rozporovat – transparentní

## 2D a 3D = polohově a výškově řešená dokumentace

B) zadání zakázky s 3D stavebním řešením pro 3D strojní navádění – *zodpovědný přístup a financování*

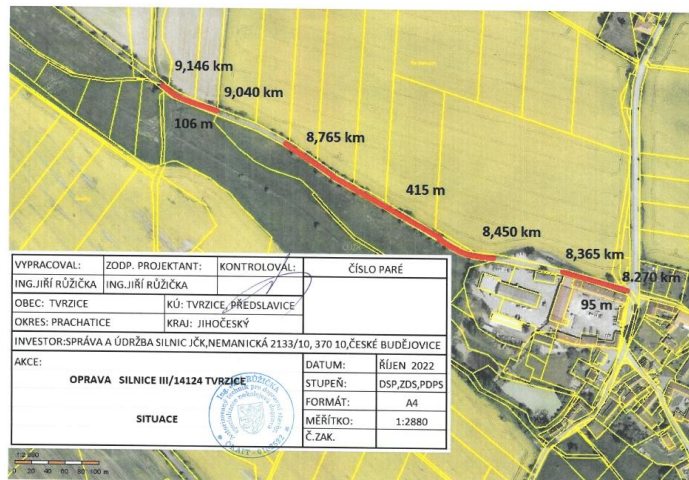
C) dokumentace polohově a výškově řešená a použitelná pro 3D strojní navádění – *ideální přístup a financování*

D) dokumentace polohově a výškově řešená, **ale nepoužitelná pro 3D strojní navádění – nedořešený přístup a financování** – *dokumentace neodpovídá technologickým trendům*

# Prováděcí projektová dokumentace - A

## 2D - výškově neřešená dokumentace

- běžné u oprav - projekt nelze použít pro 3D rekonstrukci a nelze rozporovat
- pro **strojově řízenou rekonstrukci** je nezbytné kompletně připravit měření, optimalizovat (vytvořit) projekt a využít pro strojní navádění
- financování jen na základě vlastních nákladů a nebo dojednání s objednatelem (spolupráce)



Současný stav může být nebezpečný pro větší silniční provoz na uvedené silnici.  
Cíle projektu v návaznosti na definovaný problém

Cílem projektu opravy silnice III/14124 je zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Rozsahem poškození silnice již neumožňuje obnovu původních vlastností komunikace běžnou údržbou. Každoroční opakované výskypy teplotou obalovanou drti a tryskovou metodou emulzí s drti jsou pouze neefektivním přechodným svěřených finančních prostředků.

#### 3. Technické řešení

Technické řešení opravy silnice III/14124 je navrženo:  
- staničení 8,270 – 8,365 km, délka 95 m, průměrná šířka 5,6 m  
- staničení 8,450 – 8,865 km, délka 415 m, průměrná šířka 4,3 m  
- staničení 8,040 – 9,146 km, délka 136 m, průměrná šířka 4,0 m

Zaférování vozovky na začátku a konci úseku do hloubky 50 mm v délce 1,5 m. Provedení spojovacího postřiku PS-C min. 0,5 kg/m<sup>2</sup> ČSN 736129 a provedení obrusné vrstvy ACO11+ 50/70 tl. 50 mm ČSN 736121.

Jedná se o úseky silnice bez přilehlé zástavby a dojde k navýšení nivelety stávající vozovky o 50 mm.

#### 4. Technické parametry

CELKOVÁ DÉLKA OPRAVY: 616 m  
ŠÍŘKA VOZOVKY: průměrně od -do 4,0 – 5,6 m  
CELKOVÁ PLOCHA OPRAVY: 2 740,80 m<sup>2</sup>

#### 5. Obecné požadavky

**Bezpečnost silničního provozu**  
Úprava komunikace bude prováděna za úplné uzavírky. Objízdné trasy budou značeny dopravními značkami, rychlost na objízdných trasách nebude omezena.

**Zajištění kvality stavebních prací**  
Zhotovitel stavby je povinen dodržet „Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací (TKP)“, vydané Ministerstvem dopravy a spojů ČR – Úřad pro pozemní komunikace a tam dle slované technické předpisy.

**Bezpečnost práce a PO při práci:**  
Při všech stavebních pracích je nutno dodržet ustanovení příslušných zákonných a technických norem, které upravují požadavky na zajištění BOZP a PO na pracovišti. Jedná se zejména:

Zákoník práce § 101 – 105, v platném znění  
Zákon 309/2006 sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništích, v platném znění

Zákon 256/2008 sb., Hlava II od § 47, o ochraně veřejného zdraví, ve znění platných předpisů NV 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, v platném znění

NV 591/2006 Sb., o bezpečnosti pracovníků na bezpečnosti a ochraně zdraví při práci na staveništích, v platném znění

NV 313/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení a nářadí, v platném znění

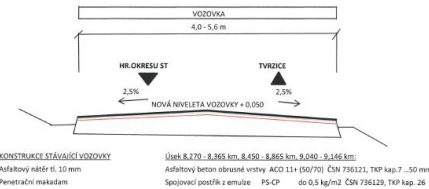
NV 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky, v platném znění

Zákon 133/1985 Sb., o požární ochraně, v platném znění  
Vyhl. 187/2006 Sb., kterou se stanoví podmínky požární bezpečnosti při svařování a nánášení živců v tvárných nádobách, v platném znění

A další předpisy souvisejících.

**Požadavky na zdraví a ŽP**  
Požadavky na zdraví a ŽP jsou podstatně zlepšeny díky novému dopravnímu prostředku, což se projeví snížením hladiny hluku a emisí z dopravy. Dojde ke zvýšení bezpečnosti a plynulosti silniční dopravy.

**Požadavky objednatele**  
Dokumentace výtavby  
Součástí dodávky je zajištění dvou souborů fotografií – fotodokumentace dokumentující průběh realizace výtavby na CD nosiči.



VYPRACOVAL:	ZODP. PROJEKTANT:	KONTROLOVAL:	ČÍSLO PARÉ
ING. JIŘÍ RŮŽIČKA	ING. JIŘÍ RŮŽIČKA		
OBEC: TVRZICE	KÚ: TVRZICE, PŘEDSLAVICE		
OKRES: PRACHATICE	KRAJ: JIHOČESKÝ		
INVESTOR: SPRÁVA A ÚDRŽBA SILNIC JČK, NEMANICKÁ 2133/10, 370 10, ČESKÉ BUDĚJOVICE			
AKCE:	DATUM:	ŘÍJEN 2022	
OPRAVA SILNICE III/14124 TVRZICE	STUPĚŇ:	DSP, ZDS, PDPS	
	FORMÁT:	A4	
	MĚŘÍTKO:	1:50	
	Č. ZAK.		

# Prováděcí projektová dokumentace - B

## 3D - polohově a výškově řešená dokumentace = zadání zakázky s 3D stavebním řešením pro 3D strojní navádění – Design&Build

- toto zadání obsahuje položku pro nacenění 3D rekonstrukce v realizaci
- Prováděcí projektová dokumentace **neobsahuje** požadované podklady, ale zhotovitel je vytváří
- financování je zajištěné objednatelem – **zodpovědný přístup a financování**
- běžné v Rakousku – diferenciální frézování

Cenová nabídka na dodávku stavebních prací							<b>STRABAG</b>		
Stavba:	5. května, č. akce 999308/5 v rozsahu Táborská - Nuselský most								
Poptávaná část stavby:	Návrh a výstavba bodového pole pro DTM								
Objednatel:	STRABAG a.s.								
Dodavatel:	zde doplňte název vaší společnosti								
Jméno:	zde doplňte jméno kontaktní osoby								
Telefon:	zde doplňte telefon na kontaktní osobu				Email:			zde doplňte email kontaktní osoby	
Pokyny pro vyplnění cenové nabídky									
vyplňte pole označená touto zelenou barvou							ostatní pole se dopočítají		
pole pro případnou úpravu množství (cena se pak počítá s tímto množstvím)									
Číslo	Kód	Popis	MJ	Množství	Upravené množství	JC (CZK)	Celkem (CZK)		
							0,00		
	013304000	Zaměření (Scanování) stávajícího stavu vozovky laserovou technologií, hustota 2 000 bodů/m2	km	1,200		0,00			
	013310400	Návrh a výstavba bodového pole pro DTM	km	1,200		0,00			
	013314000	Dokumentace 3D DTM po frézování	km	1,200		0,00			
	013320400	Navigace 3D strojů a kontrolní geodetická činnost	km	1,200		0,00			
		Poznámka k položce: Kontrola NAVIGACE FRÉZY A POKLÁDKA ASF. SMĚSÍ (1X FRÉZA + 2X FINIŠER)							
<b>SOUČET CELKEM</b>							<b>0,00</b>		

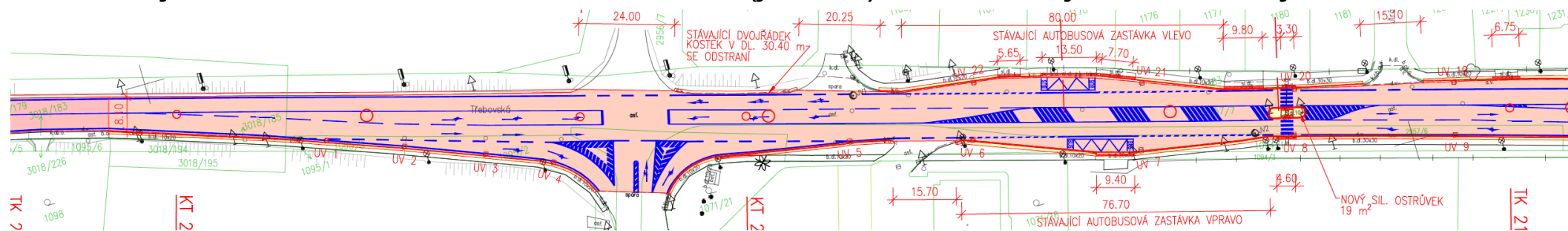
Praha Kbely – Oprava vzletové a přistávací dráhy			
Zaměření stávajícího stavu laserovou technologií, návrh a výstavba bodového pole pro DMT, dokumentace 3D DMT, navigace 3D strojů a kontrolní geodetická činnost, vyhodnocení rovinnosti a rovnoměrnosti asfaltových vrstev			
Položka	Název	Cena [Kč]	Poznámka
1	Stabilizace a zaměření bodového pole	15 000	Interně
2	Zaměření a příprava bodů pro laserové skenování	15 000	Interně
3	Zaměření RWY pomocí technologie laserového skenování	40 000	Externě Geovap
4	Příprava modelu a optimalizace	20 000	Interně
5	navigace 3D frézy	40 000	Interně + externě Sitech
6	Zaměření rovinnosti a rovnoměrnosti		
	po fréze	15 000	Interně
	po pokládce ACL	15 000	Interně
	po pokládce ACO	15 000	Interně
7	Výsledné vyhodnocení rovinnosti a rovnoměrnosti	20 000	Interně
<b>CELKEM položka 17</b>		<b>195 000</b>	



# Prováděcí projektová dokumentace - D

## 2D a 3D - Polohově a výškově řešená dokumentace ale nepoužitelná pro 3D strojní navádění

- Častý případ zadání rekonstrukcí
- Prováděcí dokumentace polohově a výškově řešená, **ale nepoužitelná pro 3D strojní navádění – Proč? => Nutné ověření podkladů**
- **Jak ověřit, že prováděcí dokumentace, která je polohově a výškově řešená, je nepoužitelná pro 3D rekonstrukci?**
  - ověření projektové dokumentace – správnost výškového a směrového vedení
  - ověření geodetického podkladu pro projekt
- financování jen na základě vlastních nákladů (jako A) a nebo dojednání s objednatelem

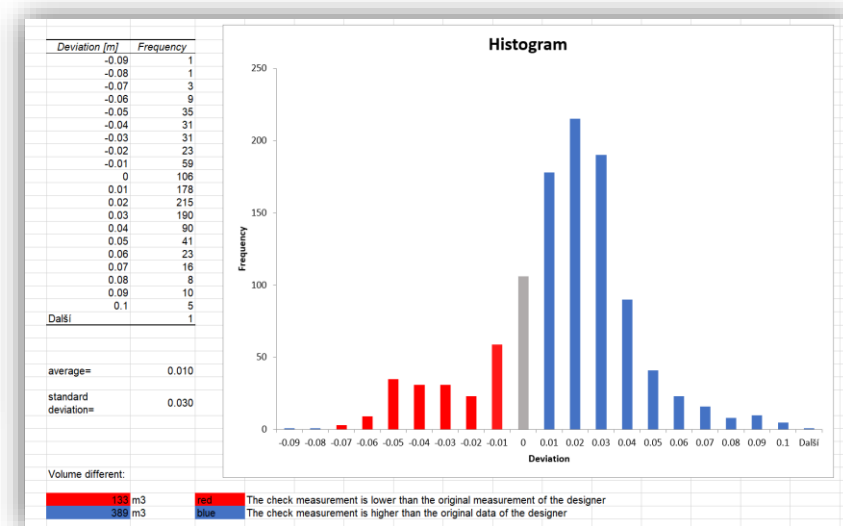


# Prováděcí projektová dokumentace – C a D

- ověření geodetického podkladu pro projekt – směrodatná odchylka cca 1,5 cm
  - měření výškové a polohové přesnosti, zaměření výšek povrchu, hrany, napojení, středu komunikace ...
  - nové kontrolní měření vytvořené na základě: KZPGP – Kontrolní a zkušební plán geodetických podkladů

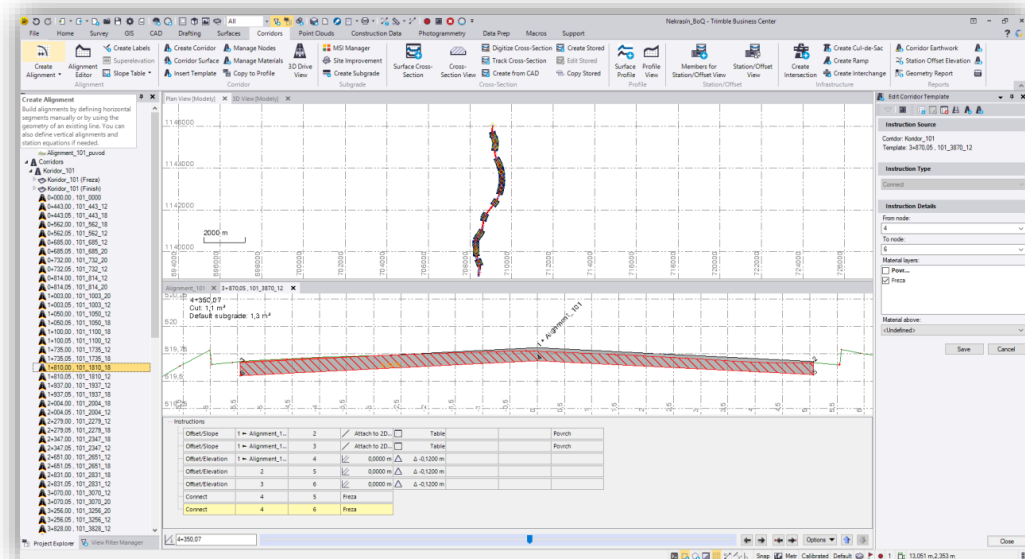
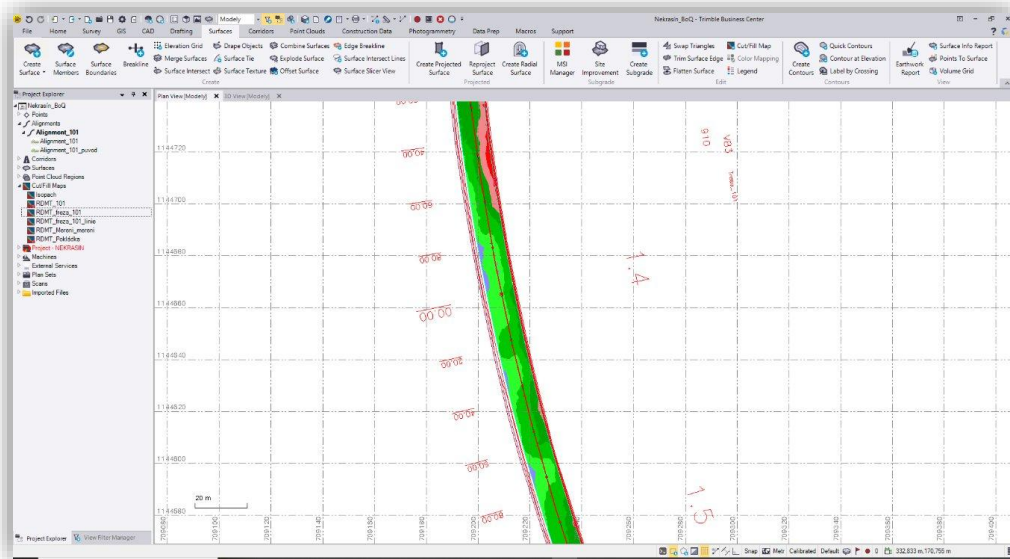
## Příklad chyb : II/315 Skuhrov – Lanškroun

- směrodatná odchylka kontrolního měření výšky: 0,045m
- hodnoty v lesním porostu: 0,08m – 0,10m



# Prováděcí projektová dokumentace – C a D

- ověření projektové dokumentace – Správnost výškového a směrového vedení
  - ověření - niveleta, trasa, klopení, napojení, ... (normy a technické předpisy).
  - reálné odchylky 3D modelu terénu a 3D model projektu prováděcí dokumentace.



# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice



# Strojově řízená **rekonstrukce** silnice

28

**"Kvalitní podklady + dostupné technologie = kvalitní výsledek. Platí to u novostaveb a může to platit i u rekonstrukcí."**

# Děkujeme za pozornost

Zuzana Hromková



[zuzana.hromkova@strabag.com](mailto:zuzana.hromkova@strabag.com)

Lukáš Kutil



[lukas.kutil@strabag.com](mailto:lukas.kutil@strabag.com)

