

# Určování nerovností vozovky metodou 3D laserového skenování

## 1. Účel zkoušky

Přesná zkušební metoda pro zjišťování podélných a příčných nerovností ve vlnových délkách kategorie megatextura a nerovnost. Metoda je vhodná pro určení jednotlivých nerovností (schůdek, linie, mostní závěr, ...) nebo menších plošných oblastí.

## 2. Podstata zkoušky

Měření metodou 3D laserového skenování. Vytvoření plošného digitálního modelu povrchu vozovky, ve kterém je možné definovat libovolné řezy. Z důvodu velké hustoty 3D bodů jsou potlačeny náhodné složky odchylky ve výškách jednotlivých bodů metodou průměru.

## 3. Zkušební zařízení

3D laserový skenovací systém používající přímé elektronické měření délek a úhlů tzv. „polární skenovací systémy“.

Minimální požadavky na základní parametry skenovacího systému jsou: Směrodatná odchylka měřené délky jednoho bodu menší než 5 mm, směrodatná odchylka měřeného úhlu menší než 20 stupňových vteřin. Dále musí systém umožnit skenování v hustotě nejméně 5000 bodů na metr čtverečný (to odpovídá střední vzdálenosti bodů 1,4 cm). Pravidelná čtvercová síť bodů o straně maximálně 0,1 metru získaná průměrováním musí dosahovat relativní směrodatné odchylky ve výšce maximálně 2 milimetry.

## 4. Příprava a provádění zkoušky

Zkouška je realizována zaměřením vybraného úseku nebo nerovnosti v požadované hustotě bodů nejméně 5000 na  $m^2$  z jednoho stanoviska. Z důvodu zvětšujícího se úhlu dopadu by nemělo být skenováno na vzdálenost větší než 15 metrů a postavení přístroje na stativu by mělo být co nejvyšší, nejlépe dva metry.

Pro každou sérii měření reprezentovanou maximálně jedním pracovním dnem bude provedeno a dále prezentováno ověření dosažení požadované přesnosti. To bude při provádění zkoušky realizováno buď metodou opakovaného zaměření a vyhodnocení nejméně jednoho úseku/nerovnosti stejnou metodou z nezávislého postavení přístroje nebo s použitím metody přesné nivelace s porovnáním na nejméně deseti bodech.

## 5. Záznam měření

Záznam měření bude prováděn metodou automatické registrace do řídicího počítače skenovacího systému. Ten je realizován buď jako vnitřní součást přístroje nebo vnější řídicí počítač. Při provádění povinného ověření dosažení požadované přesnosti metodou přesné nivelace, mohou být nivelované výšky buď registrovány do paměti nivelačního přístroje, nebo zapisovány ručně do vhodného zápisníku.

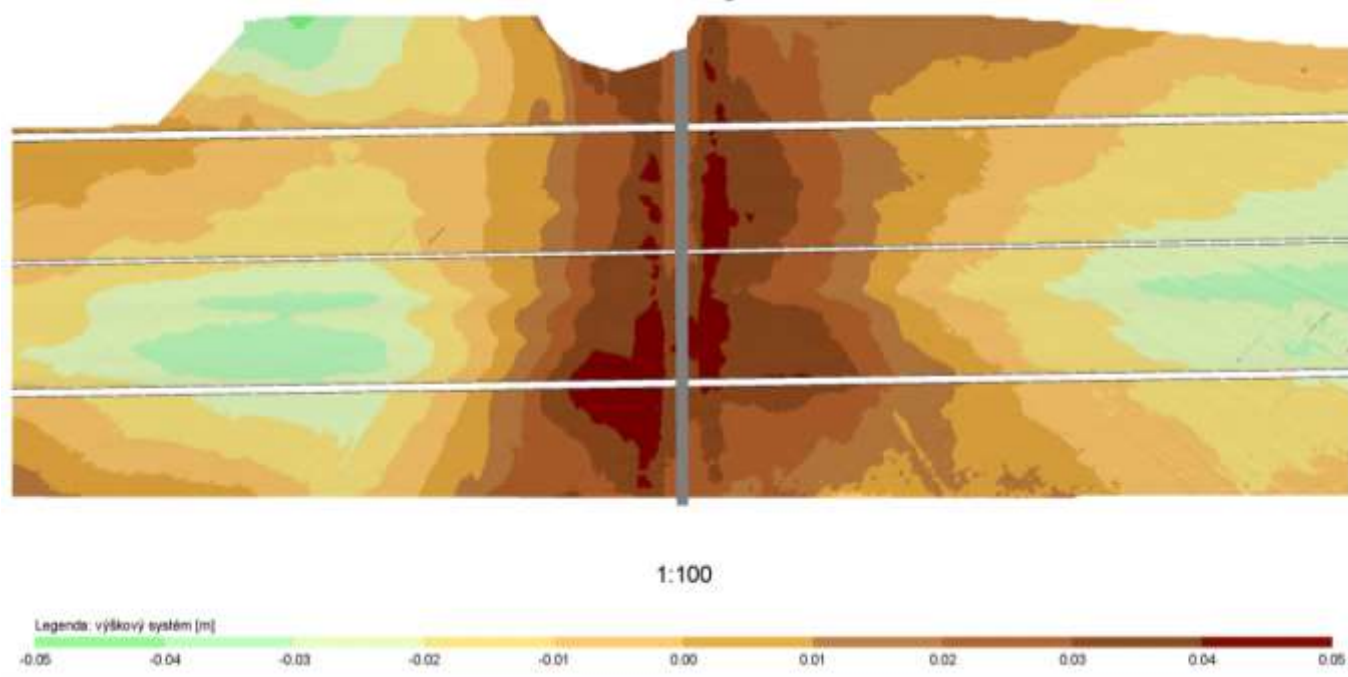
## 6. Vyhodnocení naměřených dat

Nejprve bude ve zpracovatelském softwaru skenovacího systému provedeno umazání bodů, které nebyly objektem měření. Jedná se zejména o zachycené projíždějící vozidla nebo procházející osoby. Očištěná data budou ze skenovacího systému exportována v podobě bodů daných souřadnicemi X, Y, Z s rozlišením nejméně na 0,1 mm. Tato data musí dosahovat požadované hustoty bodů nejméně 5000 na  $m^2$ .

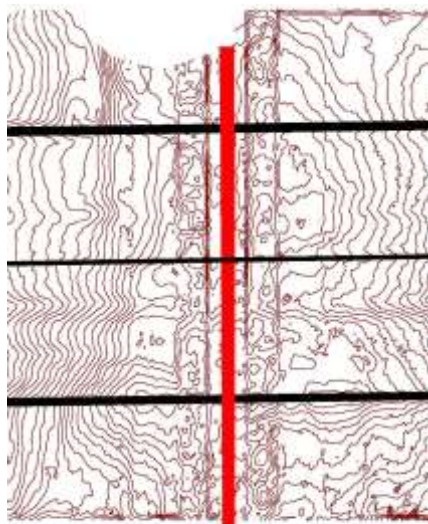
## 6.1. Určení nerovností v plošné oblasti

V libovolném softwaru bude provedeno průměrování výšek bodů v pravidelném čtvercovém rastru o rozměru maximálně 0,1 metru. To znamená, že naměřená data budou rozdělena do čtvercových oblastí tohoto rozměru a budou zprůměrována ve všech souřadnicích. Minimální rozměr rastru je dán smluvními podmínkami, ale je omezen požadavkem na obsazení nejméně pěti bodů v každém čtverci, aby došlo k maximálnímu potlačení náhodné složky výškové odchylky.

Z bodů rastru bude vytvořen výstup typu digitálního modelu terénu ve formě trojúhelníkové sítě. Digitální model terénu bude vztažen buď k referenční horizontální rovině, k ploše definované projektem komunikace nebo k rovině optimálně procházející body určované oblasti tzv. vyrovnávací rovina. Digitální model odchylek od referenční plochy bude dodán ve formě hypsometrické a vrstevnicové mapy viz obr. 1 a 2.



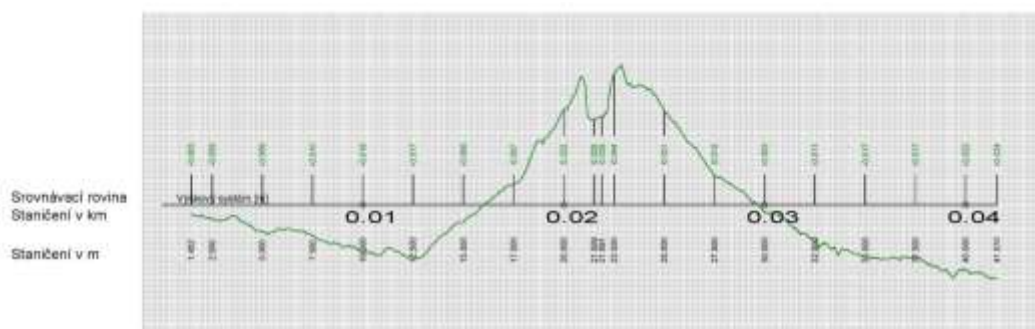
Obr. 1 – Příklad hypsometrické zobrazení výškových odchylek vůči optimální rovině při zaměření mostního závěru



1:100

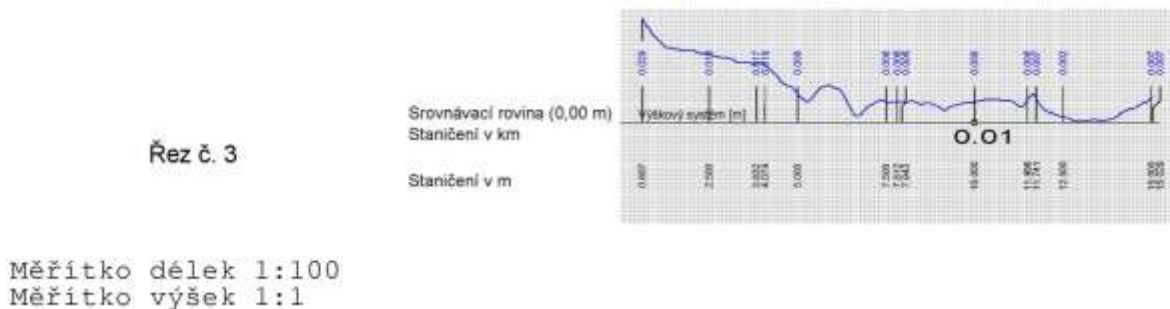
Obr. 2 – Příklad detailu zaměření mostního závěru ve vrstevnicovém zobrazení s ekvidistancí 2,5 mm

Z digitálního modelu odchylek budou vytvořeny podélné a příčné profily odchylek viz obr. 3 a 4. Profily budou zobrazeny na milimetrové mřížce. Pokud to skutečná velikost odchylek umožní bude výškové měřítko zvoleno 1:1. Lokalita umístění profilů se volí podle smluvních podmínek nebo např. podle doporučení pro přesnou nivelaci (odstavec 10.4.1 a 10.6.1 normy).



Měřítko délek 1:150  
Měřítko výšek 1:1

Obr. 3 – Příklad podélného profilu



Obr. 4 – Příklad příčného profilu

## 6.2. Určení jednotlivých nerovností

V případě určení jednotlivých nerovností typu schůdek, linie nebo mostní závěr bude vyhodnocení provedeno stejným způsobem jako pro plošné oblasti s výjimkou jednotlivé nerovnosti s ostrou změnou (vysokou frekvencí) typu schůdek. V takových případech není vhodné volit průměrované oblasti (čtverce) v blízkosti hrany automaticky, aby nedošlo k výběru bodů v obou výškových úrovních a potlačení tvaru přechodu. V těchto částech, je nutné volit oblasti k průměrování ručně ve zpracovatelském softwaru skenovacího systému tak, aby vždy ležela v jedné výškové úrovni.

## 6.3. Další možnosti vyhodnocení naměřených dat

Významným mezivýsledkem postupu definovaného v odstavcích 6.1 a 6.2 je digitální model odchylek od zvolené referenční plochy. Z modelu odchylek je možné vhodným softwarem buď automaticky nebo manuálně získat výstupy charakterem odpovídající výstupům většiny dalších technologií popsaných v normě.

## 6.4. Výběrová kontrola dosažení požadované přesnosti

Na vybrané části/nerovnosti bude prokázáno dosažení požadované přesnosti buď metodou opakovaného zaměření a vyhodnocení stejnou metodou z nezávislého stanoviska a nebo s použitím metody přesné nivelace na nejméně deseti bodech. Rozdíl dvojího zaměření bude prezentován pomocí rozdílového digitálního modelu terénu a dále budou uvedeny základní statistické veličiny: Počet bodů, směrodatná odchylka, průměrná odchylka, průměrná absolutní odchylka, maximální absolutní odchylka, maximální kladná a záporná odchylka. Maximální povolená směrodatná odchylka jsou 2 mm a maximální absolutní odchylka je 5 mm.

## 7. Kontroly skenovacího systému

Pro každou sérii měření reprezentovanou maximálně jedním pracovním dnem bude provedeno a dále prokazováno dosažení požadované přesnosti podle bodu 6.4.

Kromě pravidelné výběrové kontroly musí být prováděna hloubková kontrola způsobilým, případně oprávněným kalibračním pracovištěm v intervalech podle četnosti použití, minimálně však jednou za dva roky, která musí být deklarována zkušebním protokolem.

Hloubková kontrola se provádí porovnáním výšek bodů určených přesnou nivelací a skenovacím systémem. Data ze skenovacího systému jsou zpracována standardním pracovním postupem uvedeným v bodě 6.1. Ke kontrole je nutné použít oblast nejméně rozměrů 1x5 metrů a nivelace musí být prováděna ve vytyčeném pravidelném čtvercovém rastru o straně nejméně 0,2 metru. Výškový rozdíl musí být tedy určen na nejméně 125 bodech. Maximální povolená směrodatná odchylka jsou 2 mm a maximální absolutní odchylka je 5 mm. Vytyčení čtvercového rastru je možné rozměření pásmem při dodržení směrodatné odchylky v poloze bodu 2 cm. Ztotožnění dat ze skenovacího systému a přesné nivelace je provedeno metodou shodnostní transformace, která neovlivňuje geometrii zúčastněných množin bodů.