



**TAL  
TECH**

# **SISSEJUHATUS: TÖÖPROJEKT**

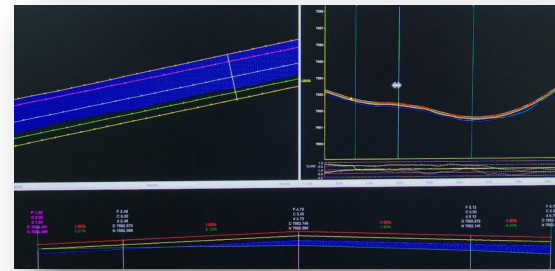
**Raido Puust**, *MSc, PhD*  
professor  
*[raido.puust@taltech.ee](mailto:raido.puust@taltech.ee)*

# ÜLEVAADE

- Mudelpõhine sõidutee rekonstrueerimine

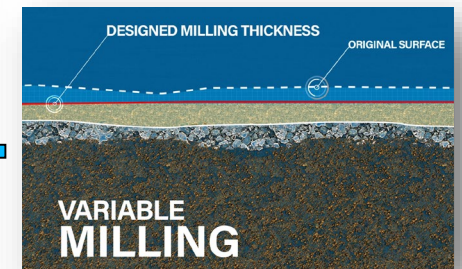
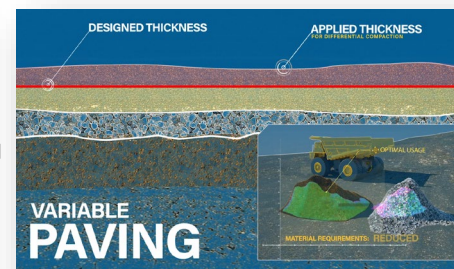
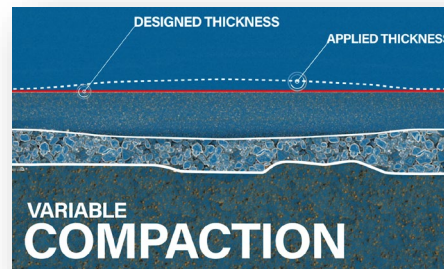


Skaneerimine



Disain (projekteerimine)

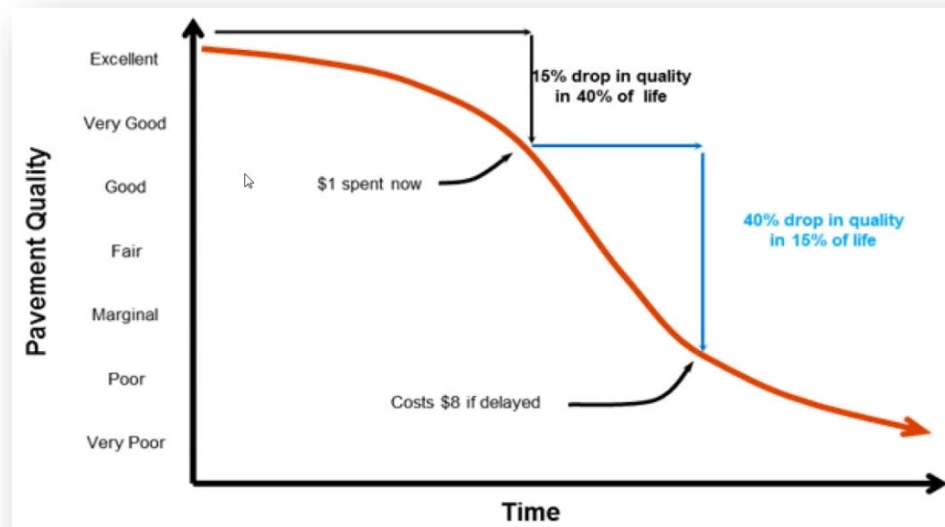
Masin-  
juhtimine



Allikas: Topcon

# SISSEJUHATUS

- Projektide määratlemine
  - Enamjaolt lähtunud teekatendi seisukorra uuringutest
  - Seejärel koostatakse projektide pingerida lähtuvalt eelarvest
  - Eelarve kaasamine ning projektide valik
  - Katendi halvenemine vs elukaare kulu

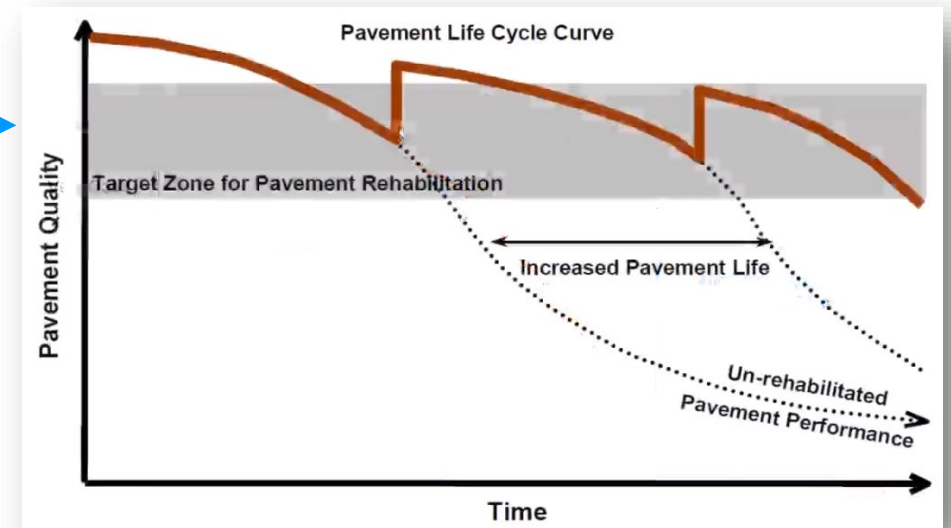
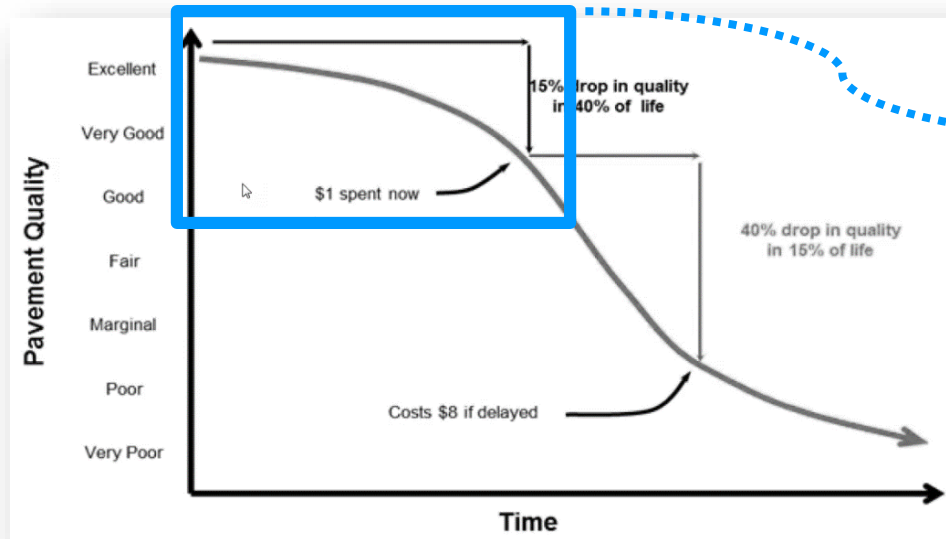


Allikas: Autodesk

- 15% kvaliteedi langus 40% elukaare juures
- Järgmise 15% elukaare juures kukub kvaliteet 40%

# SISSEJUHATUS

- Kindlasti soovime jääda esimesse kvaliteedi languse perioodi ja seda ajas korrata...



Allikas: Autodesk

- Tagamaks katendi jätkusuutlikkus, tuleb seda renoveerida enne kui selle seisund satub suure langusega perioodi

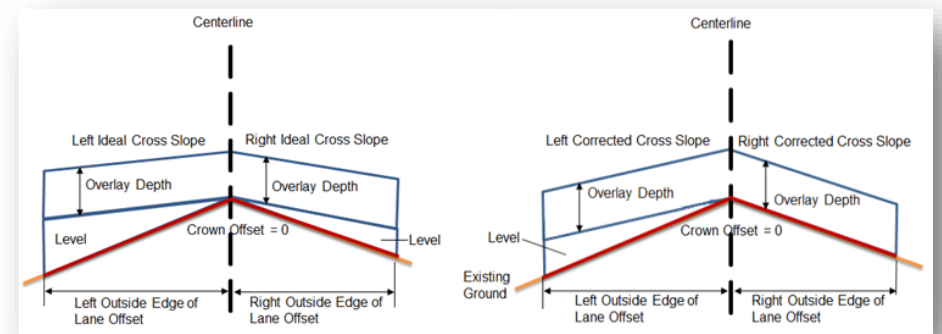
# AJALOOLINE VAATEPUNKT

- Ajalooline vaatepunkt:
  - Minimaalne mõõdistus (sh riskist lähtuv, kuna katendi mõõdistus käib avatud liikluses), seetõttu võis uuring lähtuda 150-300 m sammust, mis aga pole piisav 3D pinnamudeli loomiseks.
  - Seega tehti väga väikese info baasil "põhjapanevaid" eelduseid.
  - Sõidutee laiendamine võib kaasa tuua n-ö 'flapping' efekti (erinevad kalded ristlõike suhtes)
  - Olemasolevate ja tegeliku olukorra vähene kaasamine ei võimalda luua 3D mudelit, mistõttu lähenetakse toore jõuga ning mitte sõiduteele olulisest teehoiu kavast lähtuvalt.

# VARASEMAD PIIRANGUD

- Varasemad piirangud:
  - Mõõdistuse hind oli väga suur, mistõttu seda ei tehtud
  - Tavapärase mõõdistus oli ohtlik avatud liiklusega sõiduteedel
  - Ebapiisav info, et luua intelligentseid mudeleid
  - Keeruline võtta arvesse kõiki olulisi faktoreid korruga, nt vertikaalne sujuvus, praod, sõidutee ebaühtlane kalle ristlõike suhtes, rööpad jt.
  - Seetõttu oli tegemist mitte küll võimatu, kuid väga aeganõudva ning manuaalse protsessiga, et kogu info kokku koguda, analüüsida ning luua parim võimalik lahend.
  - Igal inseneril oli oma enda lähenemine, mistõttu protsessi oli pea võimatu korrata.

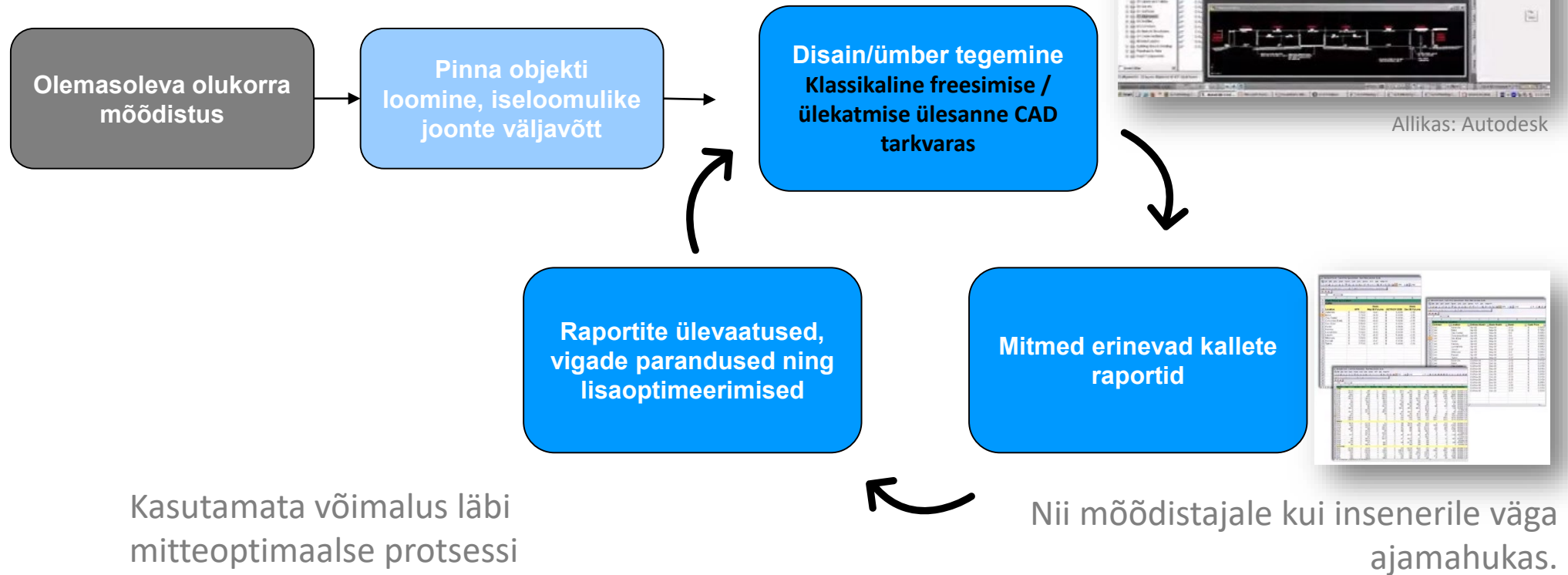
Tänane fookus, sõltumata sellest, kes tegi, saame sama lahendi.



Allikas: [Autodesk](#)

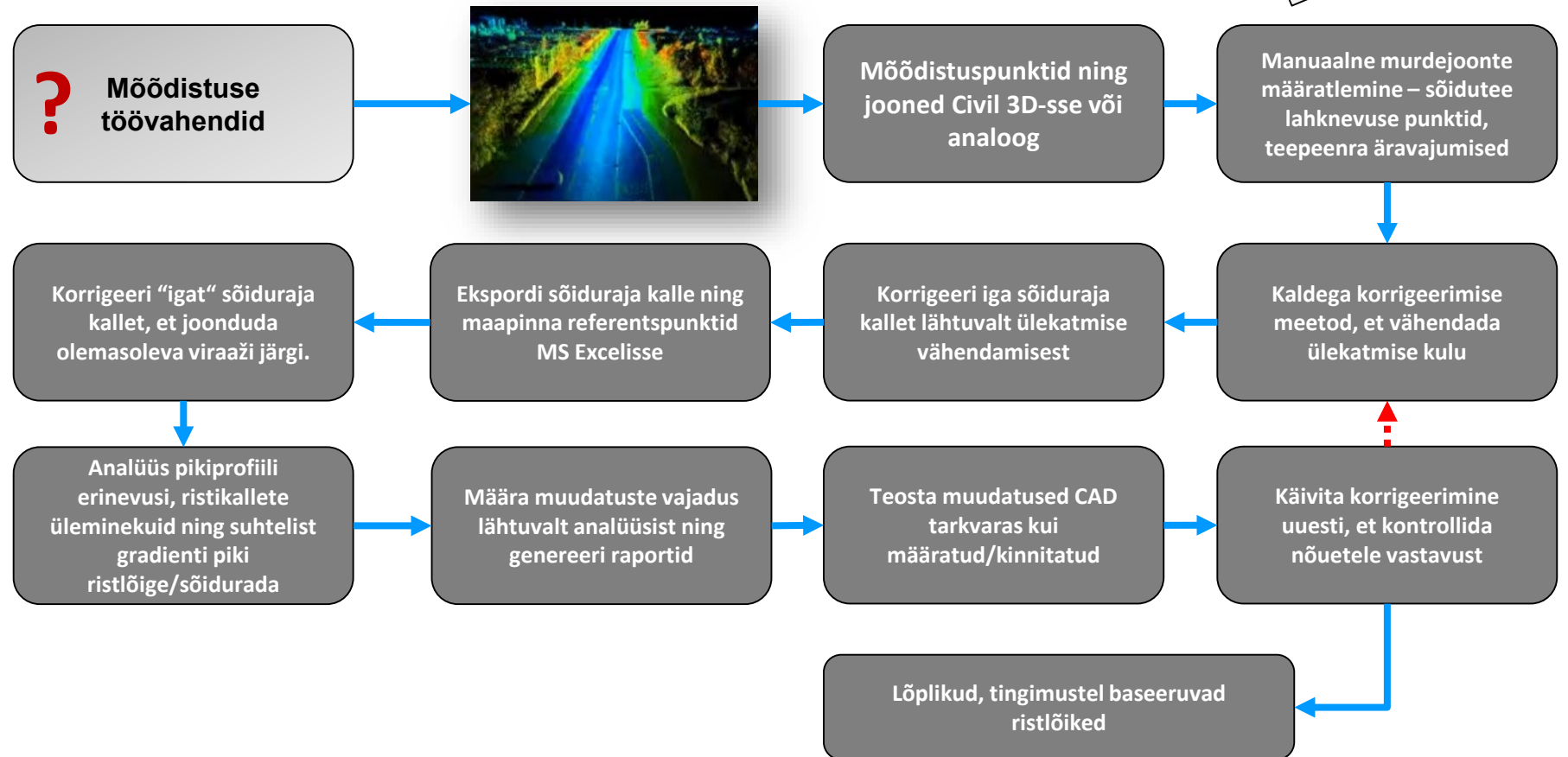
# VARASEMAD PIIRANGUD

- Varasem tööprotsess: 3D pinna kasutamine



# VARASEM TÖÖPROTSESS

- Töövahendid ning tööprotsess



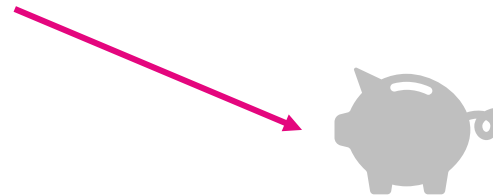


# TÄNASED VÕIMALUSED

- Suurenenud riistvaraline ning tarkvaraline võimekus andmetöötlustes.
- Tarkvara, mis suudab punktmassiividest (LiDAR andmestik) teha väljavõtteid.
- Tarkvara, mis lähtuvalt eelnevast suudab luua analüütilisi raporteid, milles märgitud nii ristikalded, piki kalded, viraaž ning tekkivad mahud läbi sõidutee projekteerimise (reki).
- LiDAR andmestiku kogumine mobiilsete seadmetega (täpsus, väga kiire, turvaline, odav, ajakohane).

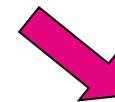
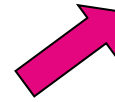
# TÄNASED VÕIMALUSED

- Tänaused võimalused:
  - **Automaatsed LiDAR tarkvaralised lahendused** (lihtne ning kiire maapinna mudeli väljavõtt, joonandmestiku väljavõtt punktipilvest, integreeritud kvaliteedikontroll – täpsuse tähenduses)
  - **Automaatsed sõidutee reki rakendused** (maapinna mudeli ning joonandmestiku taaskasutamine; kiire, mitme tegevuse koondamine üheks; **disaini optimeerimine lähtuvalt sõiduraja kontrollmetoodikast ja freesimise / ülekatmise mudeli loomine**; pinnaobjektide loomine masinjuhtimiseks, raportid – ajaliselt efektiivne).



Kõige enam tulu toov.  
Materjalikulu tähenduses.

# PUNKTIILVEST VÄLJAVÕTETE TEGEMINE (INFRAWORKS)



Maapinna väljavõtt



Vertikaalsed detailid



Lineaarsed detailid

Allikas: Ekraanitõmmised Autodesk tarkvara projektidest

# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

- Lähtuvalt toodud väljavõtetest luuakse tüüpiline sõidutee ristlõige iga piketaaži juures:
  - Lähtub parameetritest ning olemasolevast maapinnast
  - Ei ole veel seotud profiiliga (veel!)
- Otsime iga lõigu madalamat punkti (ingl *low point*) – seda võib ka vaadata kui kõige kriitilisemat (max) freesimise sügavust:
  - Ristlõike võrdlus olemasoleva maapinnaga – lähim puutepunkt määrab kogu ristlõike paiknemise. Profiil moodustub piketaažide madalamate punktide ühendamisel
- Sõidutee täpsustamine:
  - Raportite kaudu koridormudeli redigeerimine piketaaži kaupa
  - Sujuvama ülekatte profiiljoone kasutamine (samas kui freesimise joon jääb paika)

# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

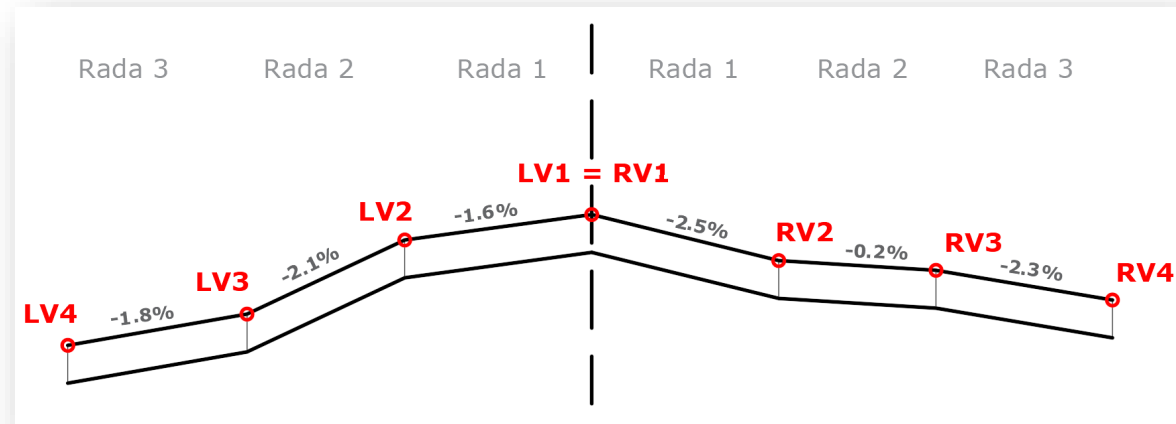
- Koridormudeli loomine on väga sarnane tavalisele koridormudeli loomisele, kuid samas:
  - Sõidutee ristlõike tüübid luuakse automaatselt
  - Saab lähtuda erinevatest disaini kriteeriumitest (tolerants, viraaž)
  - Piketaaži põhine ülevaatus/redigeerimine
  - Dünaamilised raportid
- Seeläbi:
  - Kiire ja lihtne viis saada koridormudeli sektsioonid lähtuvalt parameetritest
  - Juhtpunkti leidmine piketaaži põhiselt ja seeläbi freesimistingimuse paika panemine
  - Freesimisvajaduse ning ülekatmise minimeerimine läbi lõigupõhise optimeerimise (materjali kulu!)

# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

- Sõiduraja kalde muut = sisemine kalle – välimine kalle

Kas need kalde muudud on OK? Kui mitte (kuvatakse veateade), siis saab disaini parameetreid muuta (kallet, tolerantsi).

Sarnaselt arvutatakse ka piketaažide lõikes (lõikelt lõikele kaldeid ja kas need on kooskõlas).



Kalde muut LV1 (RV1) =  $ABS((-1.6\%) - (+2.5\%)) = 4.1\%$

Kalde muut vasakul:

LV4: N/A

LV3:  $(-2.1\%) - (-1.8\%) = -0.3\%$

LV2:  $(-1.6\%) - (-2.1\%) = 0.5\%$

Kalde muut paremal:

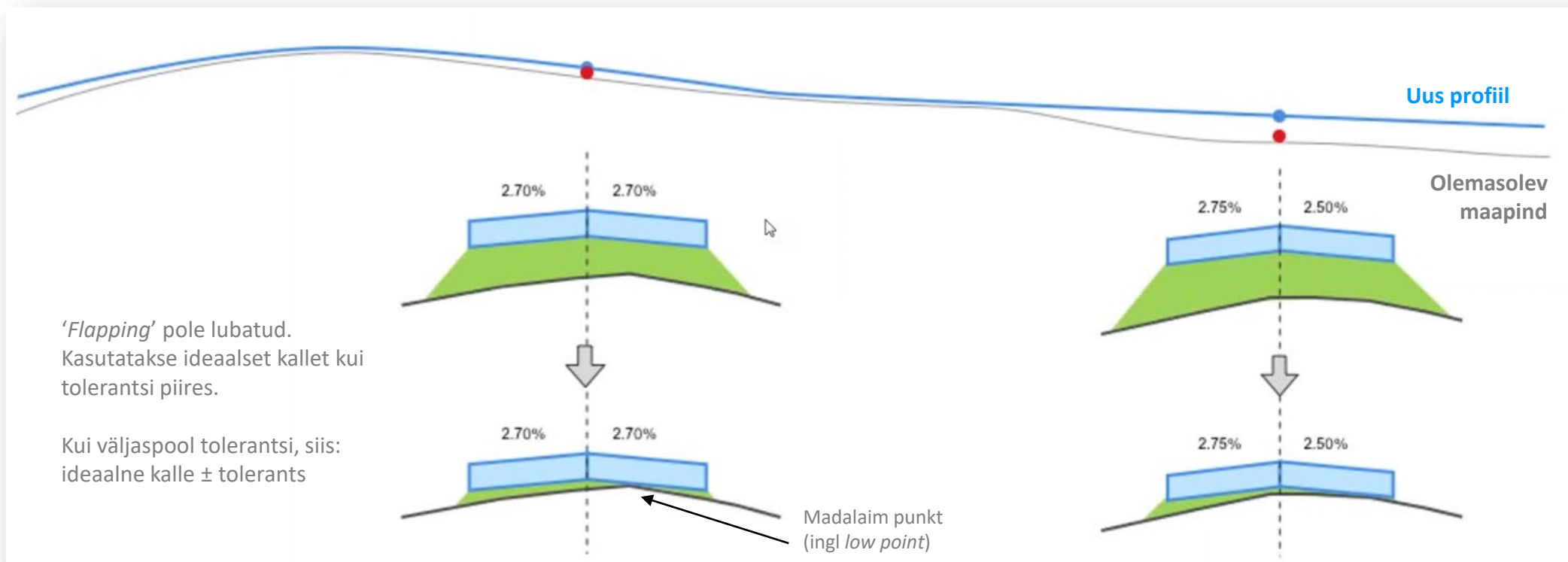
RV4: N/A

RV3:  $(-0.2\%) - (-2.3\%) = 2.1\%$

RV2:  $(-2.5\%) - (-0.2\%) = -2.3\%$

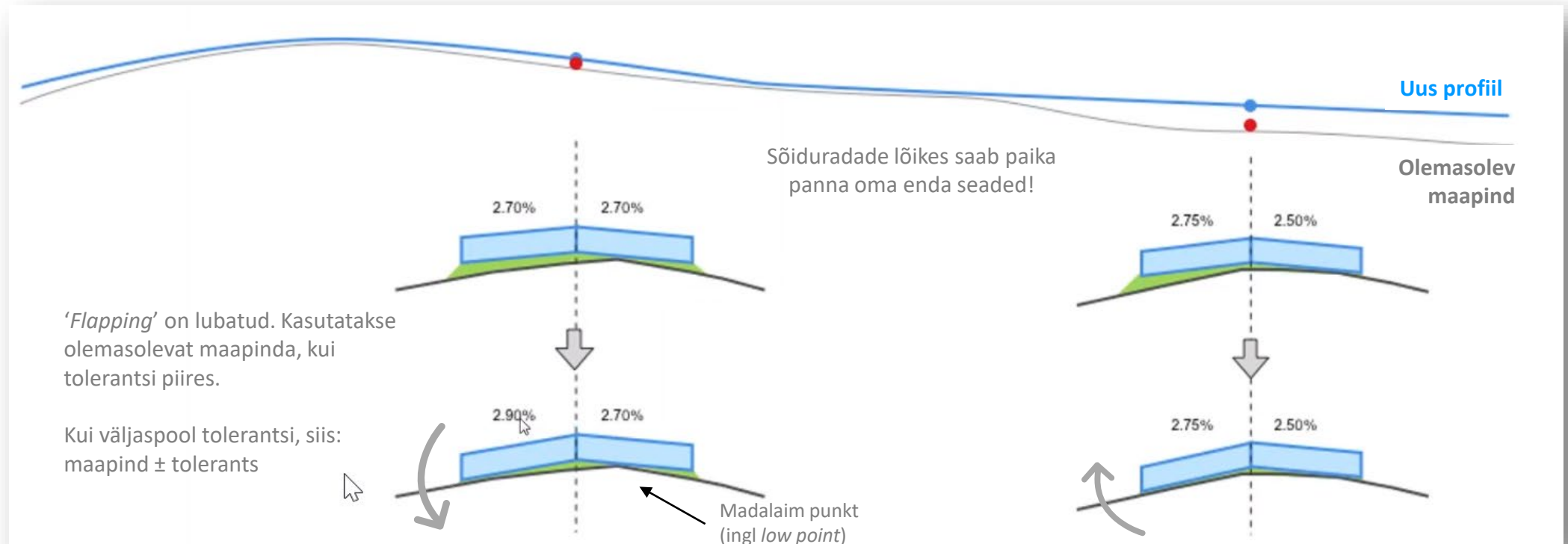
# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

- Saame mõjutada, kas kallet võib muuta lähtuvalt tolerantsist



# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

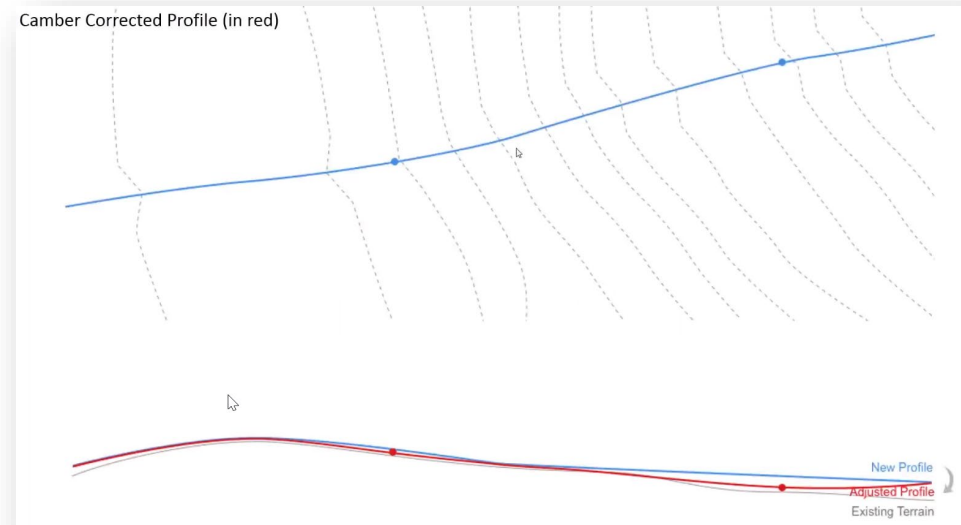
- Saame mõjutada, kas kallet võib muuta lähtuvalt tolerantsist





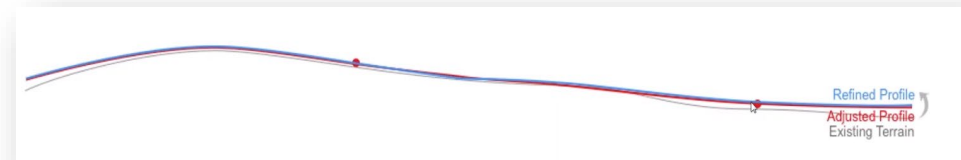
# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

- Profiili optimeerimine



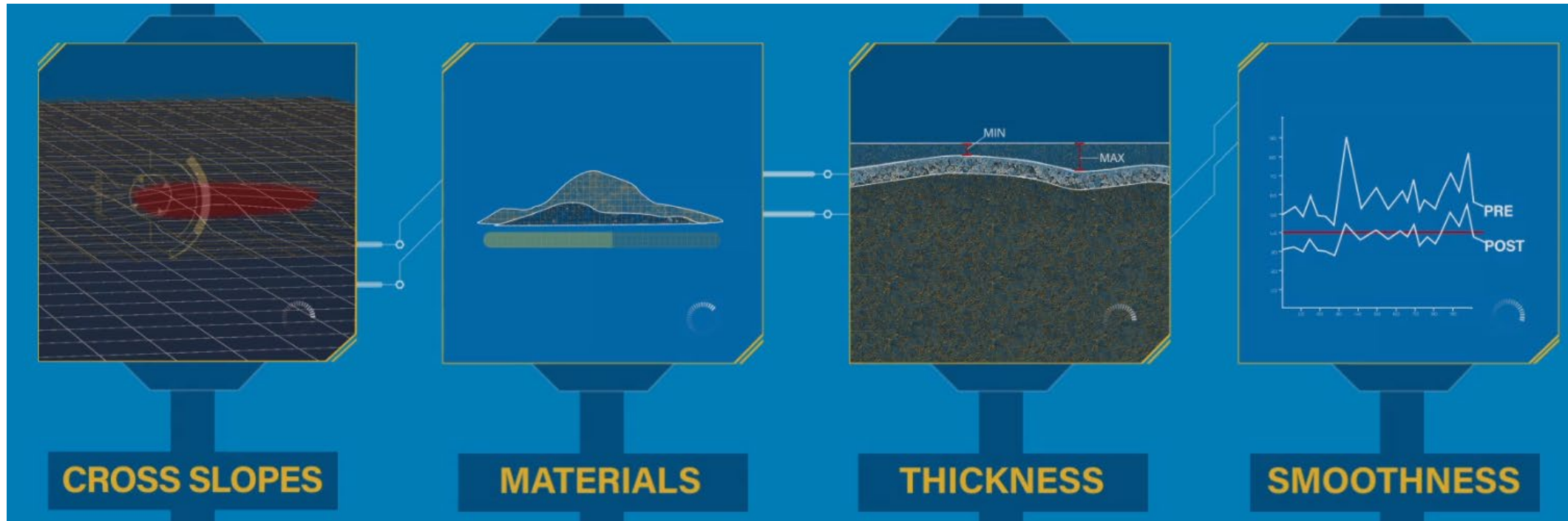
Allikas: Autodesk

Esialgse profiili (punane)  
lähendamine optimaalsele  
profiilile (sinine)



# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

- Tehnoloogia suurimaks plussiks on, et mudelpõhiselt saab defineerida optimaalse, varieeruva freesimissügavuse ning ülekatte kihi paksuse

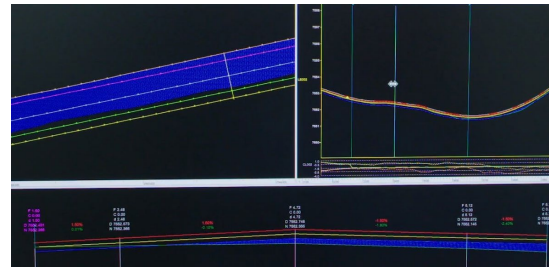


# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

- Valmisolek aitab optimeerida materjali kulu, mis on antud tegevuse kõige kallim komponent (projekti kasum vs kahjum) ja seega ka pakkuda väiksemat hinda



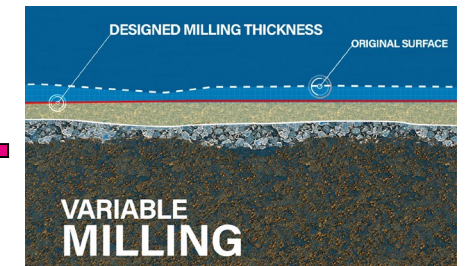
Skaneerimine



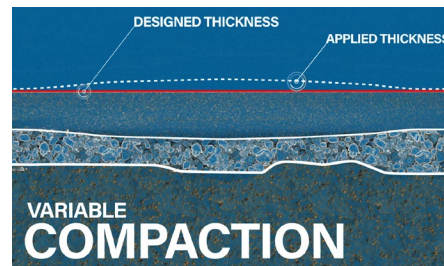
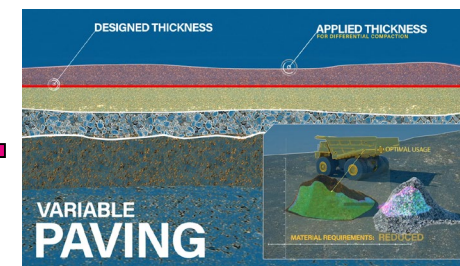
Disain (projekteerimine)



Masin-juhtimine






Allikas: Topcon



# MUDELPÕHINE SÕIDUTEE REK

- Riistvara vs tarkvara (üldjuhul soovitatakse kasutada sama tootjat)
  - **Riistvara:** Topcon RD-M1 , Trimble MX series
  - **Tarkvara:** Autodesk, Bentley, Topcon MAGNET, ...

Tööprotsesside näide  
Autodesk tarkvara  
baasil:

▶		<b>InfraBIM Workflows 601 - Sõidutee rekonstrueerimine 1/3</b> Raido Puust
31		<b>InfraBIM Workflows 602 - Sõidutee rekonstrueerimine 2/3</b> Raido Puust
32		<b>InfraBIM Workflows 603 - Sõidutee rekonstrueerimine 3/3</b> Raido Puust

**TAL  
TECH**

**TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn,

**taltech.ee**