Välkommen!
Transportation Geotechnics

En första bild

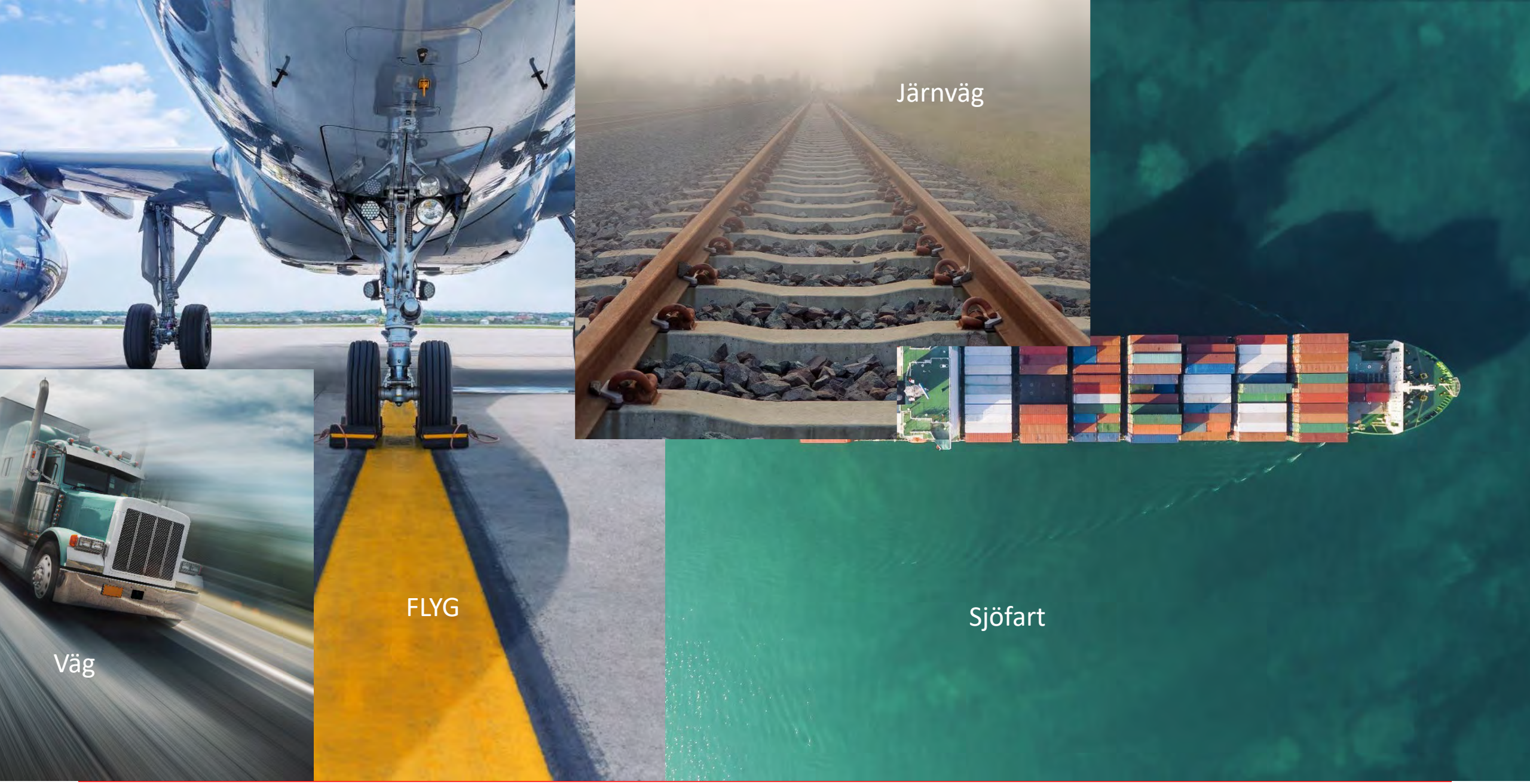
TRANSPORTATION GEOTECHNICS

Transportation Geotechnics
Vad är det?

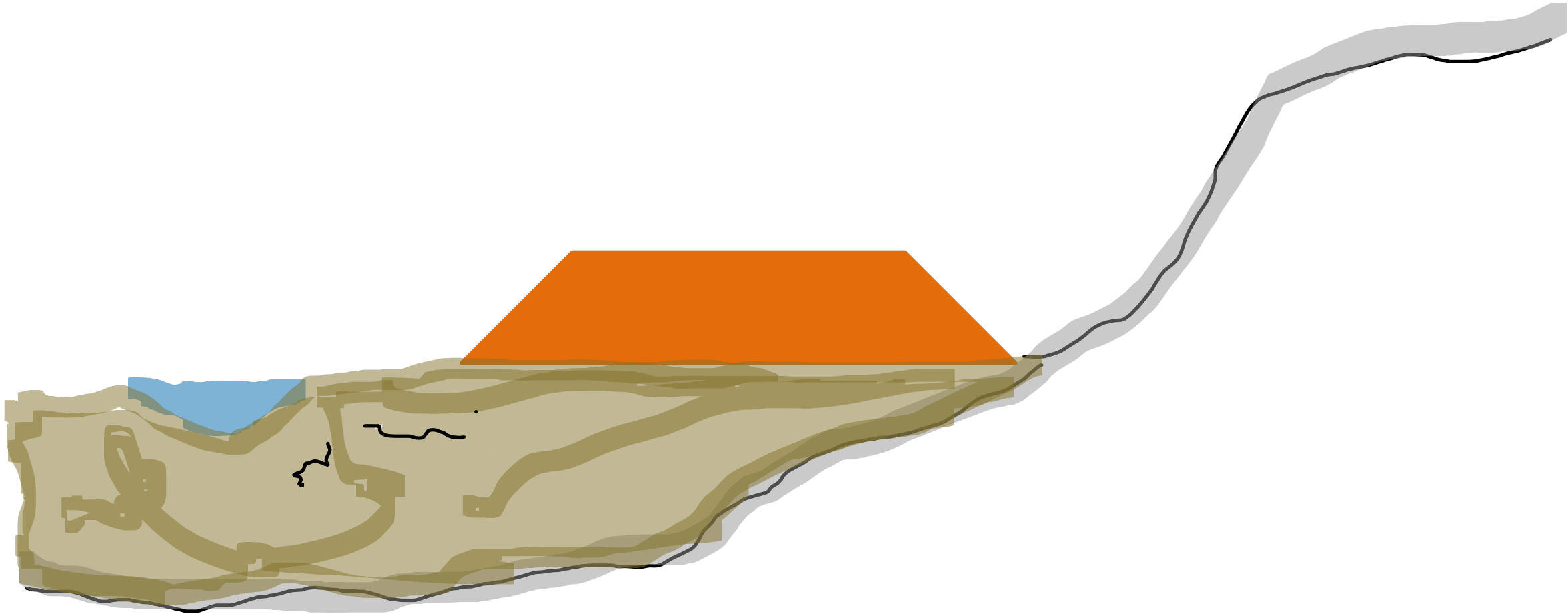


Det är det som vi inte ser på bilden!

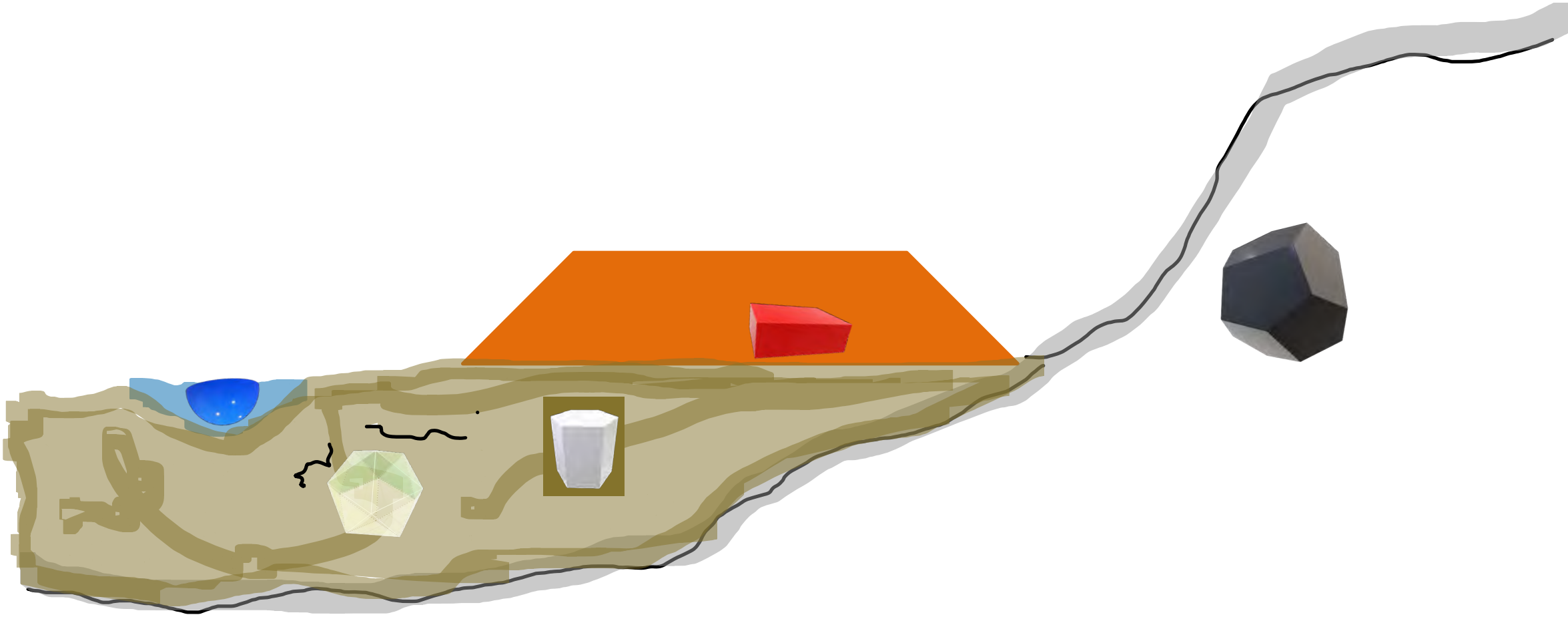
Det som krävs för att ytan ska fungera oavsett om det är en yta för …..


Järnväg
Väg
FLYG
Sjöfart

Transportation Geotechnics
Handlar om ….

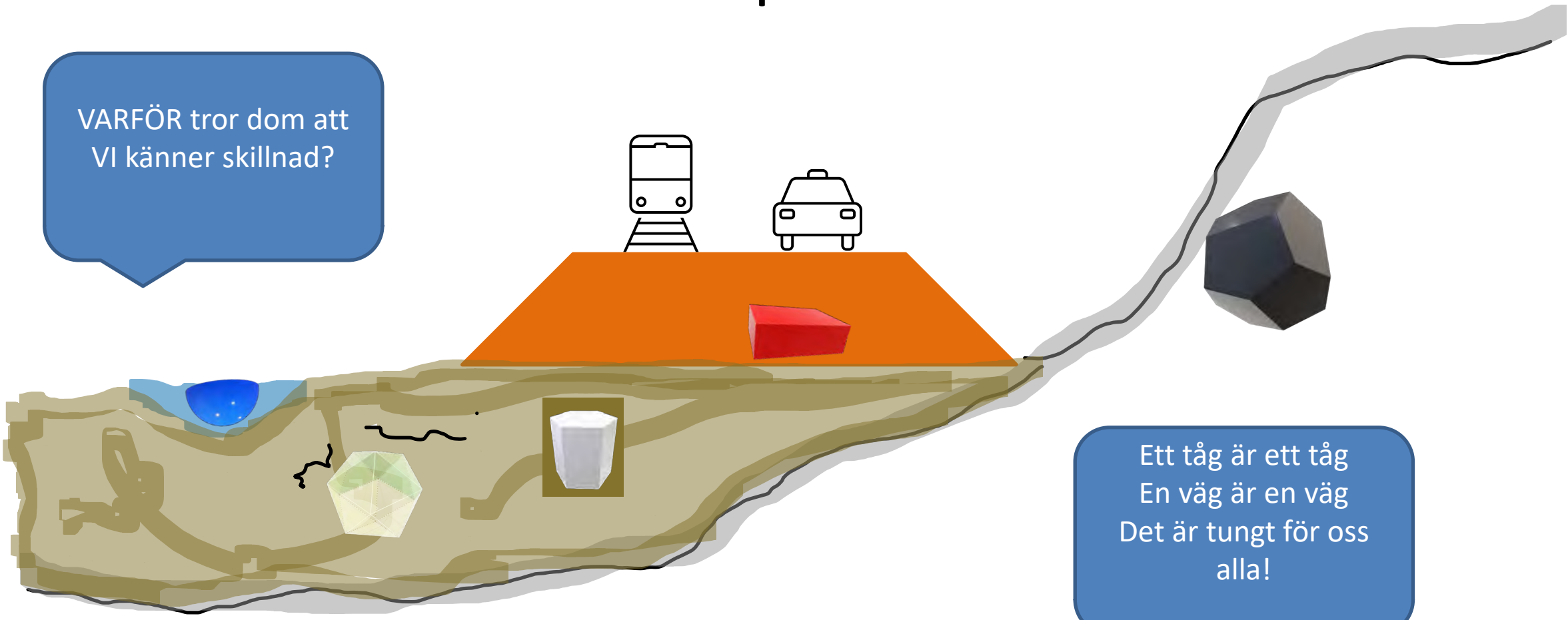


Transportation Geotechnics
Handlar om dessa…



Transportation Geotechnics
Handlar om dessa kompisar och att de undrar..

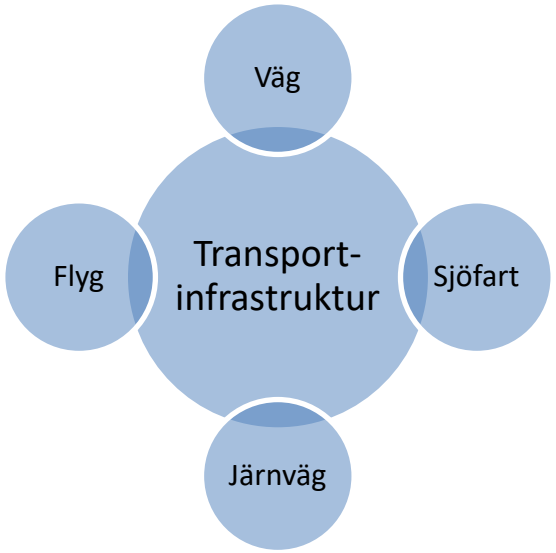
VARFÖR tror dom att VI känner skillnad?



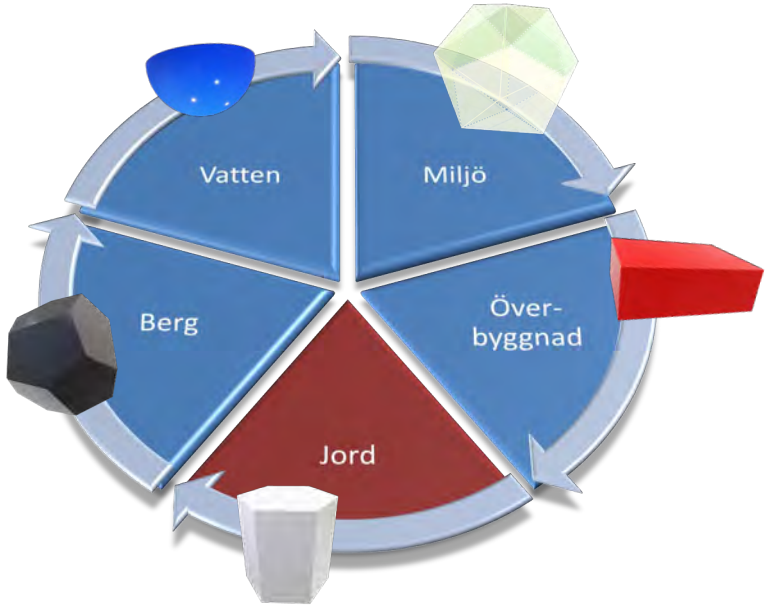
Ett tåg är ett tåg
En väg är en väg
Det är tungt för oss alla!

En bild av ”transportation geotechnics”

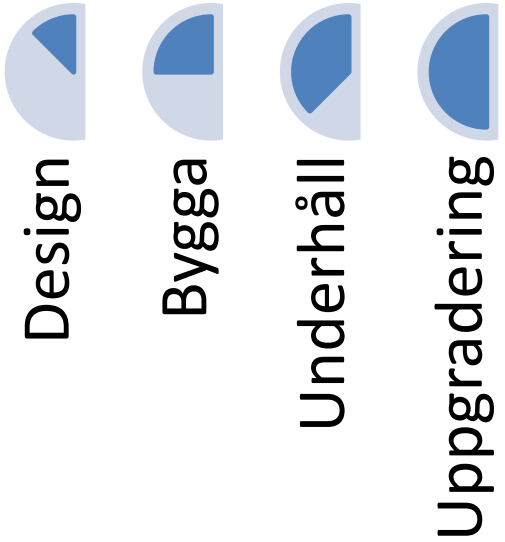
Fyra typer av transporter



Perspektiv



Tidsperspektiv



Likheter och olikheter
Samma kunskapsbas/erfarenhet kan användas

Knyta ihop systemet
Dela kunskap mellan teknikområden – minska ”tomrummet” (the Gap)

Livscykel
Tillämpa kunskap genom hela processen



Transportation Geotechnics





Vad händer om vi fokuserar på:

- Likheterna mellan de fem “kompisarna”?
- Kunskap om egenskaper och beteende hos
  - jord, berg, vatten och nya material
  - när de används som byggmaterial i transportinfrastruktur, <u>oavsett</u> om det handlar om väg, järnväg, sjöfart eller flyg
- Att dela kunskap och erfarenheter?







Frågan är - Hur stor är **nyttan** med att tänka ”Transportation Geotechnics” ?





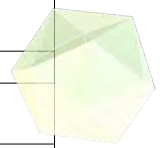
OM
Nyttan är stor hur får vi det att hända?

Transportation Geotechnics
Två dagar för att diskutera

	26 JANUARI
11.30	**Registrering och kaffe**
11.45	**Transportation Geotechnics – vad är det?**
	Välkommen! *K. Viking, Trafikverket*
	Transportation Geotechnics en första bild Inklusive introduktion av medverkande teknikområden *G. Franzén, BIG sekretariat*
12.45	**Gemensam lunch**
13:45	**Transportation Geotechnics – Jord**
	Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
	Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Överbyggnad
	Påverkan från kulvertar på bankens beteende *J. Meng, Luleå*
	Pågående forskning inom Överbyggnad *R. Karlsson, Trafikverket*
	Diskussion
16.00	Eftermiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Miljö
	Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering *X. Song, SGI*
	Pågående forskning inom miljö *Representant från Trafikverket*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Sammanfattning dag 1
	Summering av diskussionen så här långt Introduktion till kvällens fortsatta diskussion runt småbord. *G. Franzén, BIG sekretariat*
PREL.19.00	Diskussion runt "Transportation Geotechnics" fortsätter runt små bord, där klockan inte längre styr.

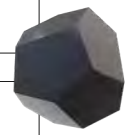






	27 JANUARI
08.30	**Transportation Geotechnics**
	Vi summerar föregående kvälls diskussioner
	Transportation Geotechnics – Vatten
	Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
	Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
	Diskussion
Prel 10.00	Förmiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Berg
	Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
	Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – En möjlighet?
	Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs? Diskussion där några utvalda börjar med att ge sin syn. Övriga fyller sedan på med sin syn. Vilken slutsats drar vi avseende möjligheterna?
13.00 – 14.00	**Vi avslutar dagarna med en gemensam lunch!**





Representanter för de fem ”kompisarna” finns med oss under dagarna!

Frågorna vi ställer oss



När vi presenterar det som görs/projektresultat

Vilken nytta ger resultaten till de 4 andra kompisarna?

Vilken nytta kunde projekten haft av de 4 andra kompisarna?

Diskussion i varje del av programmet,
Diskussion vid bensträckare, fika och ikväll!

När vi delar erfarenheter om hur vi arbetar

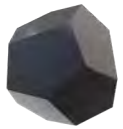
Hur skulle de 4 andra kompisarna kunna ta nytta av era erfarenheter?

Vilka tankar eller frågor vill de 4 andra kompisarna dela med er?

INTRODUKTION
BERG, VATTEN, MILJÖ, ÖVERBYGGNAD, JORD

STIFTELSEN BERGTEKNISK FORSKNING



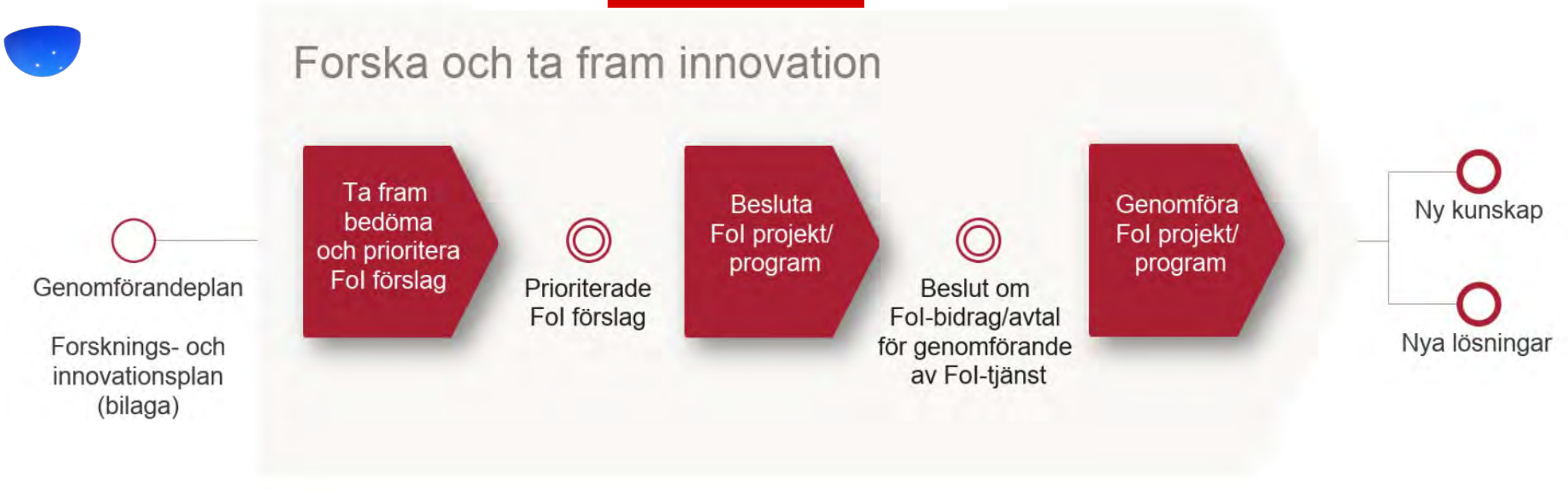




Stiftelsen Bergteknisk Forskning, eller kort och gott BeFo, har sedan sin tillkomst på 70-talet varit en stabil och långsiktig aktör som samlar bergbranschen inom forskning och verkar för att utforma en väl fungerande nationell forsknings- och innovationsmiljö inom branschen.

BeFos huvudmän utgörs av en bred krets av företag och organisationer med gemensamt intresse av att utveckla bergteknik.

Patrik Vidstrand
Forskningsdirektör



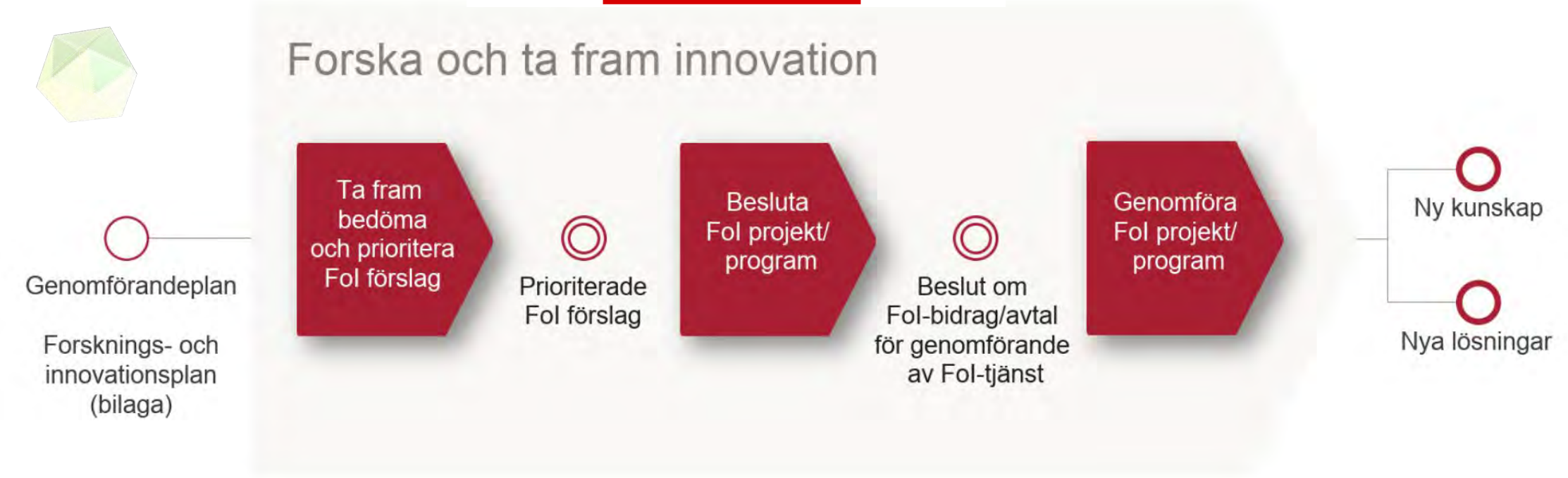
TRAFIKVERKET: **FOI-vatten**

Forskning och utveckling drivs direkt via Trafikverkets portföljer.

Det finns en omfattande lista med olika projekt

Christian Butron
Tekn.Dr, Specialist Hydrogeologi och Tätning

TRAFIKVERKET

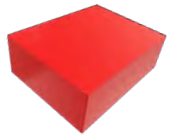


TRAFIKVERKET: FOI-miljö

Ett mycket **brett** område.
Föroreningar, masshantering, LCA, undersökningsmetodik, buller, omgivning, …….

Vi är flera som hjälps åt
Då tyvärr ”rätt person” har förhinder

TRAFIKVERKET



BVFF BANA VÄG FÖR FRAMTIDEN

Kompetenscentrum Vägteknik

Vägöverbyggnad

Tidigare ett branschprogram
Nu tar arbetet ny form….

Robert Karlsson
Tekn.Dr, Specialist Vägöverbyggnad





Kenneth Viking
Carina Hultén
Minna Karstunnen, Chalmers
Stefan Larsson, KTH
Jan Laue, LTU
Bo Vesterberg, SGI

Forskningsvolym
30 miljoner/år
varav TRV 15 miljoner/år

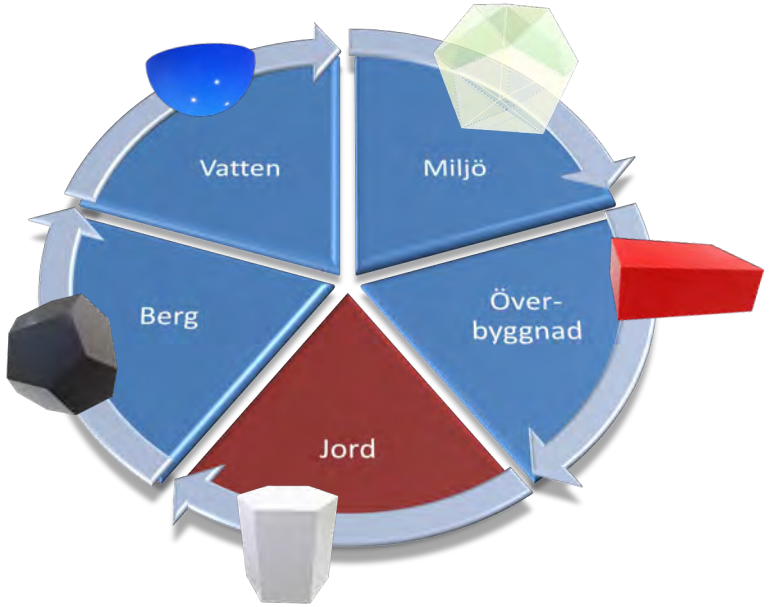
BIG
Branschsamverkan i Grunden

Branschprogram med bas i Trafikverket

Min förhoppning är att vi ska använda 26 timmar för att komma fram till om:







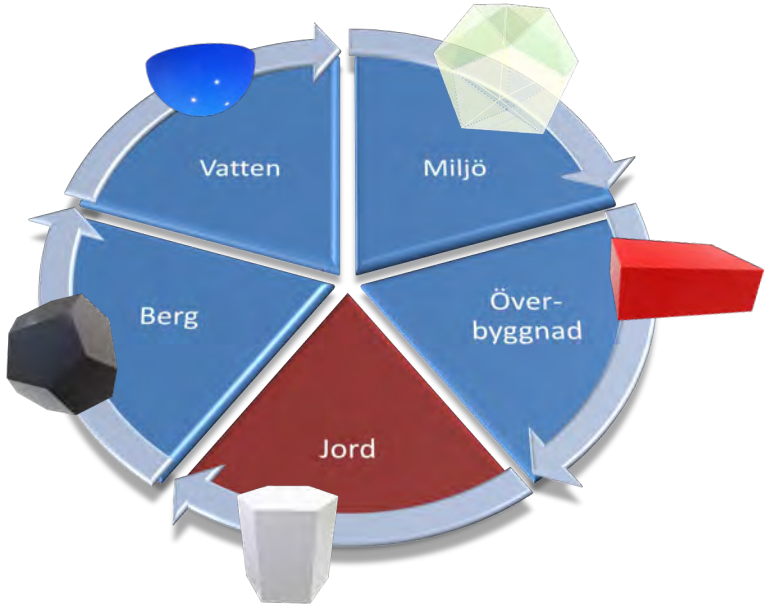






Transportation Geotechnics är en möjlighet – med så stor NYTTA att vi bör gå vidare….

Vilka förväntningar har du?

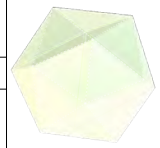


Transportation Geotechnics
Två dagar för att diskutera

	26 JANUARI
11.30	**Registrering och kaffe**
11.45	**Transportation Geotechnics – vad är det?**
	Välkommen! *K. Viking, Trafikverket*
	Transportation Geotechnics en första bild Inklusive introduktion av medverkande teknikområden *G. Franzén, BIG sekretariat*
12.45	**Gemensam lunch**
13:45	**Transportation Geotechnics – Jord**
	Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
	Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Överbyggnad
	Påverkan från kulvertar på bankens beteende *J. Meng, Luleå*
	Pågående forskning inom Överbyggnad *R. Karlsson, Trafikverket*
	Diskussion
16.00	Eftermiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Miljö
	Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering *X. Song, SGI*
	Pågående forskning inom miljö *Representant från Trafikverket*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Sammanfattning dag 1
	Summering av diskussionen så här långt Introduktion till kvällens fortsatta diskussion runt småbord. *G. Franzén, BIG sekretariat*
PREL.19.00	Diskussion runt "Transportation Geotechnics" fortsätter runt små bord, där klockan inte längre styr.

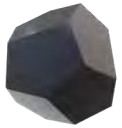






	27 JANUARI
08.30	**Transportation Geotechnics**
	Vi summerar föregående kvälls diskussioner
	Transportation Geotechnics – Vatten
	Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
	Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
	Diskussion
Prel 10.00	Förmiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Berg
	Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
	Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – En möjlighet?
	Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs? Diskussion där några utvalda börjar med att ge sin syn. Övriga fyller sedan på med sin syn. Vilken slutsats drar vi avseende möjligheterna?
13.00 – 14.00	**Vi avslutar dagarna med en gemensam lunch!**





LUNCH

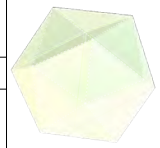


Transportation Geotechnics
Två dagar för att diskutera

	26 JANUARI
11.30	**Registrering och kaffe**
11.45	**Transportation Geotechnics – vad är det?**
	Välkommen! *K. Viking, Trafikverket*
	Transportation Geotechnics en första bild Inklusive introduktion av medverkande teknikområden *G. Franzén, BIG sekretariat*
12.45	**Gemensam lunch**
13:45	**Transportation Geotechnics – Jord**
	Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
	Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Överbyggnad
	Påverkan från kulvertar på bankens beteende *J. Meng, Luleå*
	Pågående forskning inom Överbyggnad *R. Karlsson, Trafikverket*
	Diskussion
16.00	Eftermiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Miljö
	Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering *X. Song, SGI*
	Pågående forskning inom miljö *Representant från Trafikverket*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Sammanfattning dag 1
	Summering av diskussionen så här långt Introduktion till kvällens fortsatta diskussion runt småbord. *G. Franzén, BIG sekretariat*
PREL.19.00	Diskussion runt "Transportation Geotechnics" fortsätter runt små bord, där klockan inte längre styr.

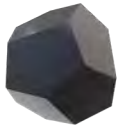






	27 JANUARI
08.30	**Transportation Geotechnics**
	Vi summerar föregående kvälls diskussioner
	Transportation Geotechnics – Vatten
	Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
	Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
	Diskussion
Prel 10.00	Förmiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Berg
	Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
	Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – En möjlighet?
	Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs? Diskussion där några utvalda börjar med att ge sin syn. Övriga fyller sedan på med sin syn. Vilken slutsats drar vi avseende möjligheterna?
13.00 – 14.00	**Vi avslutar dagarna med en gemensam lunch!**





Transportation Geotechnics – Jord
Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
Diskussion



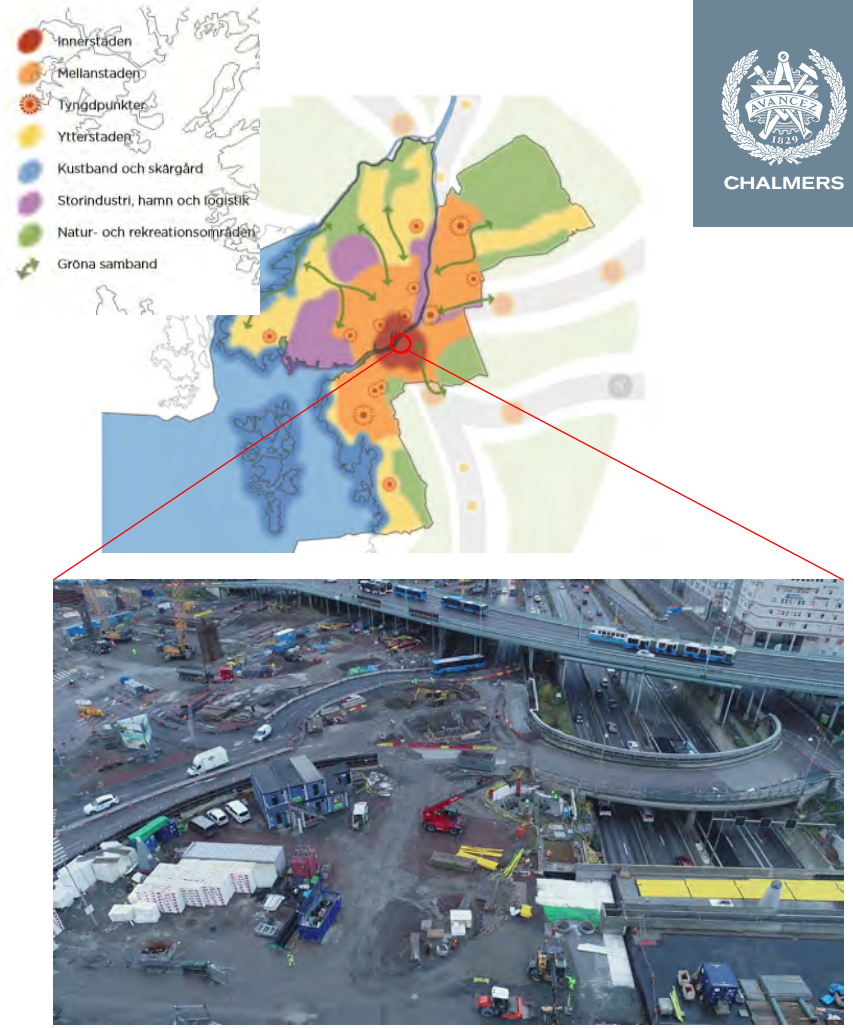
TRANSPORTATION GEOTECHNICS
JORD

Disturbing issues with piles in soft soils

Jonatan Isaksson
NCC AB, Chalmers University of Technology, Division of Geology and Geotechnics
BIG Seminarium Transportation Geotechnics 20221216
jonatan.isaksson@chalmers.se

Bakgrund

- Globalt, förtätning av städer
  - Byggnation nära existerande strukturer
  - Tyngre byggnader
  - Ökade krav på infrastruktur
  - Djup grundläggning
- Lera → Sämre egenskaper
- Sverige, massförträngande betongpålar
  - 1.5 miljoner pålmeter (60 % totala)
- Exempel, Göteborg



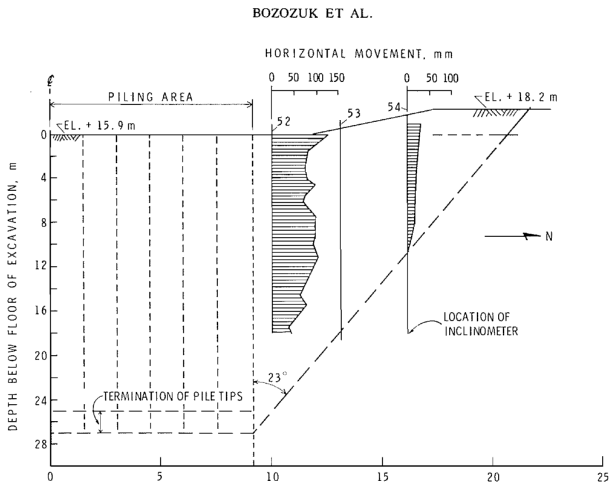




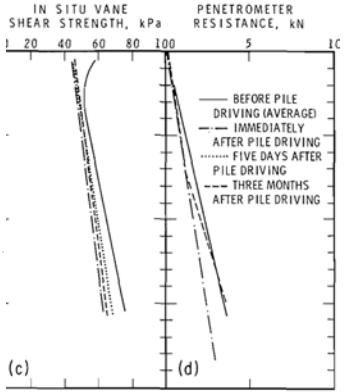


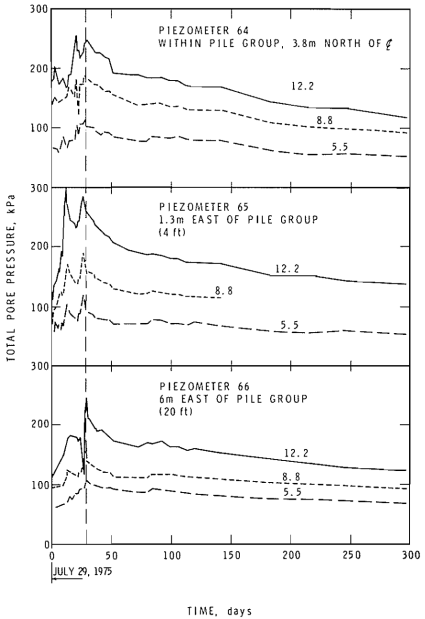
Vad händer vid pålning?

- Rörelse
- Portryck
- Störning



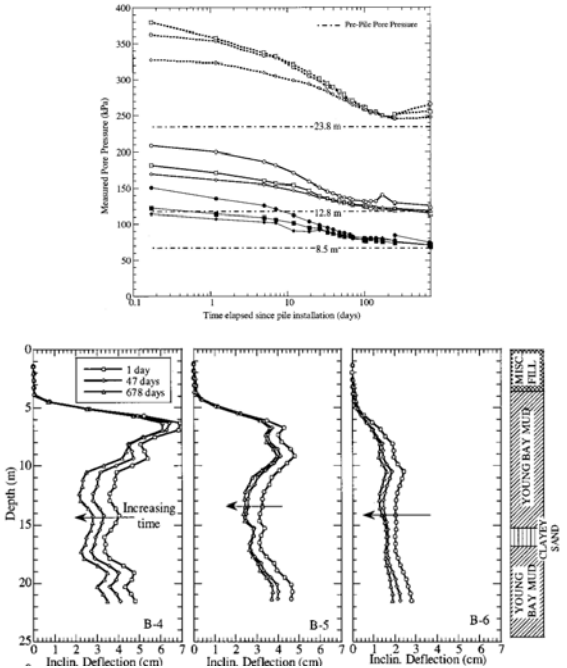
(Bozozuk et al, 1978)





Vad händer vid pålning?

- Rörelse
- Portryck
- Störning
- Tidsberoende



(Pestana et al, 2002)

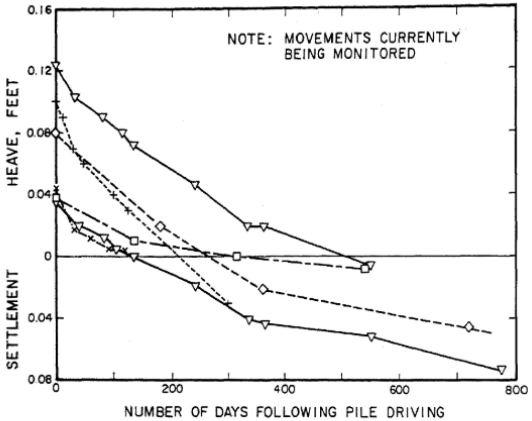
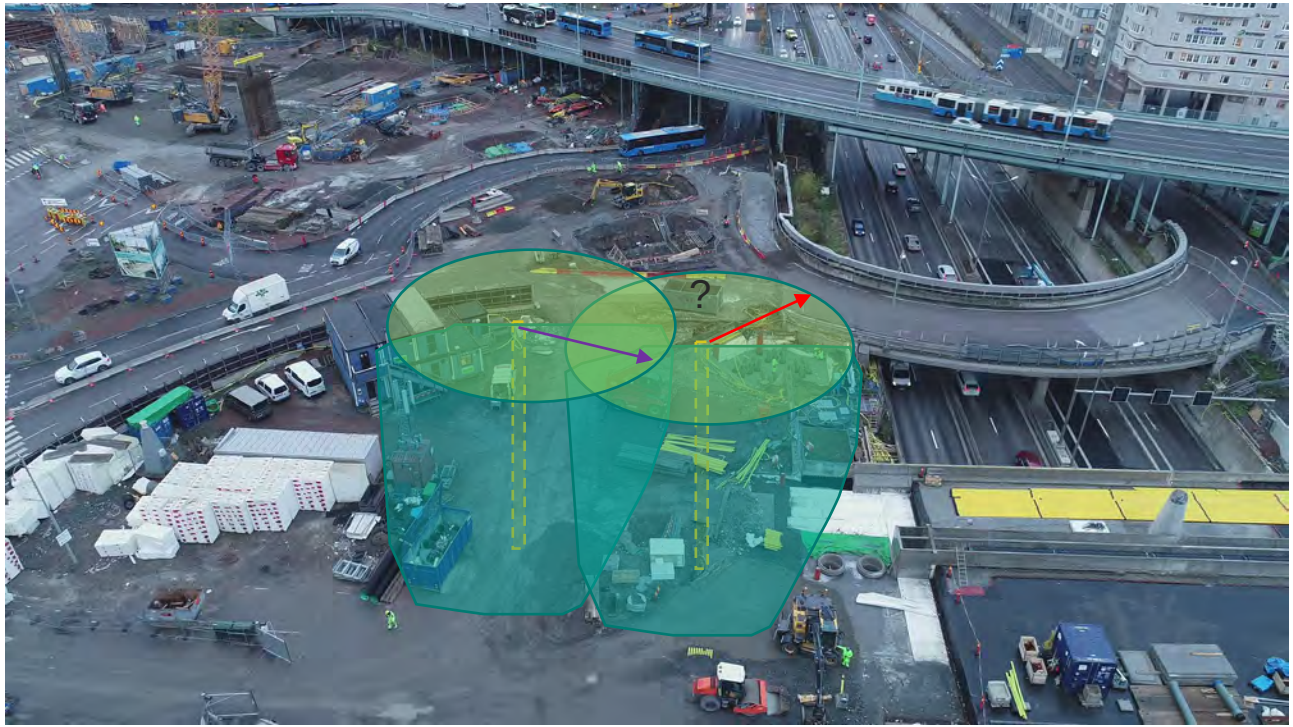


Figure 8. Movement Following Completion of Pile Driving for Selected Points

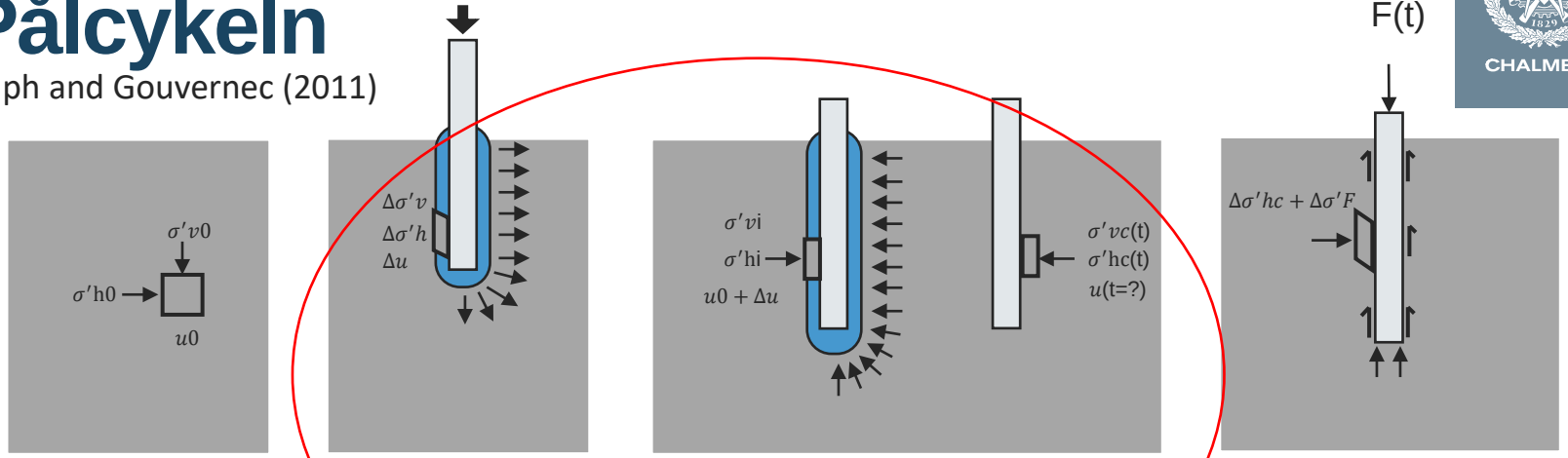
(Dugan & Freed, 1984)

Tillbaka i Göteborg



Pålcykeln

Randolph and Gouvernec (2011)



In-situ

Installation

Brott i jorden
Δ Spänning
Δ Portryck
Rörelse

Utjämning

Δ Spänning
Δ Portryck
Rörelse
Nytt jämviktsläge

Belastning

Yttre last
Påhängslast

Geologi
Mänsklig aktivitetet

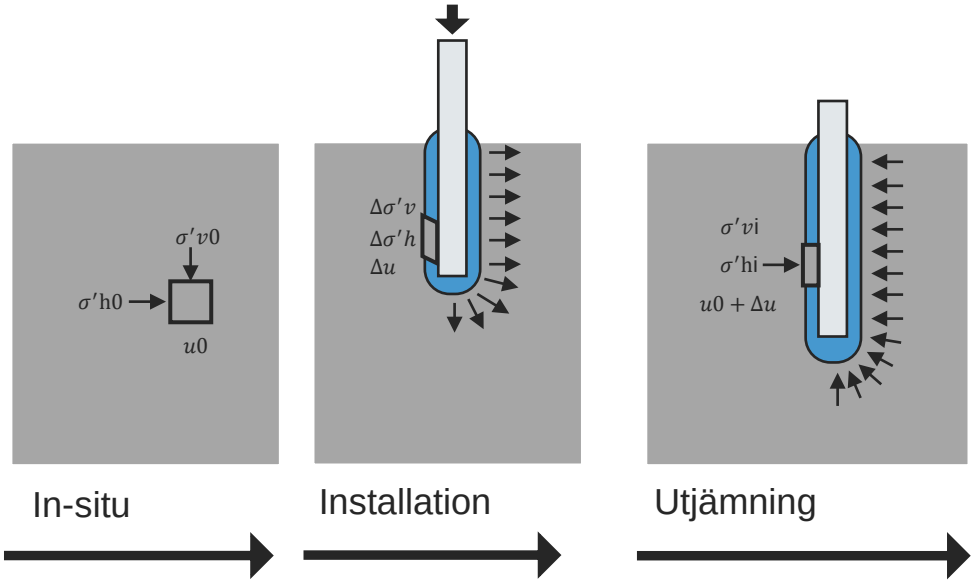
Installationsmetod
Påltyp

Tid
Jordegenskaper

Storlek på last
Tid

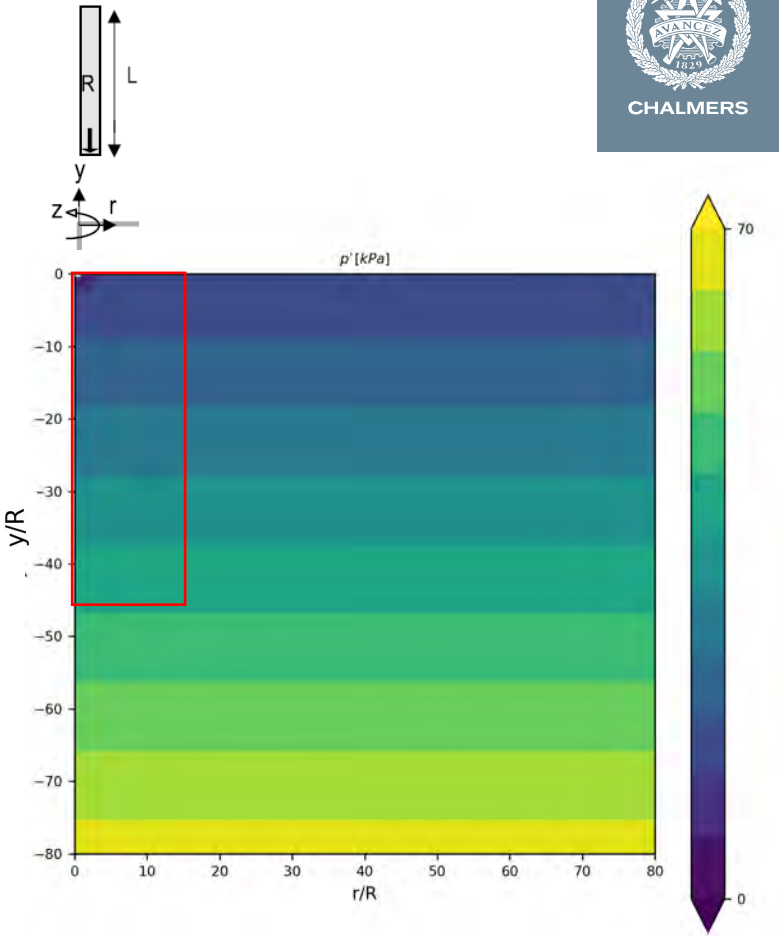
Aspekter av pålinstallation

- Påle (kinematik)
  - Vertikal penetration
  - Eulerian FE formulering
- Jordrespons (mekanisk)
  - Naturlig lera: anisotropisk, sensitiv, spänningsberoende
  - SCLAY1S
- Porvattenrespons(hydromekanisk)
  - Kopplad formulering

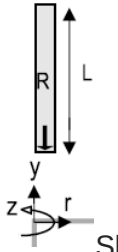


Numerisk pålcykel

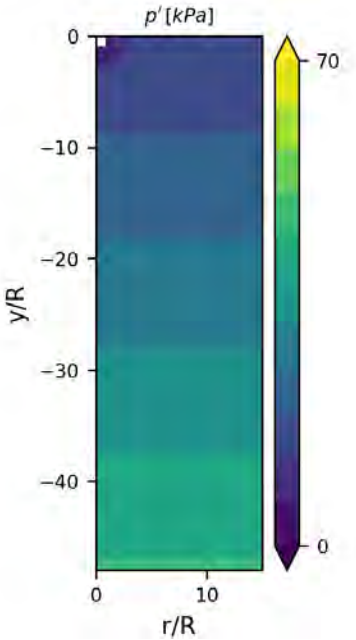
- Utby lera (Karstunen and Amavasai 2017)
  - SCLAY1S
- Påverkan av installation och utjämning
- Alla längder är normaliserade med pålradien (R = 0.155 m)
- Fokusera på den röda rektangeln



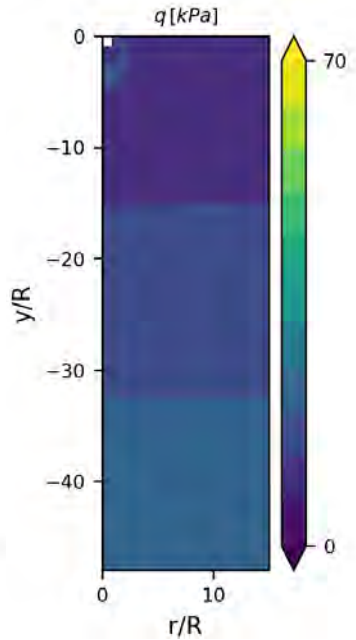
Simulering av pålcykel



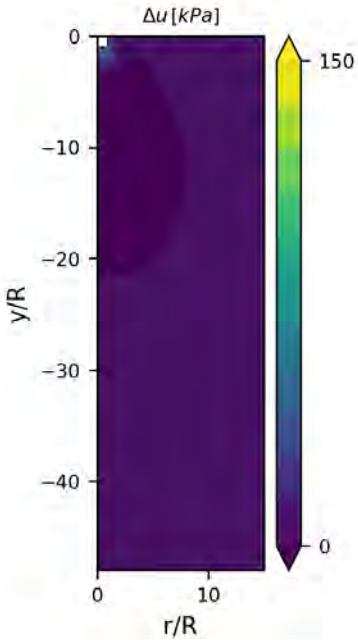
Effektivspänning



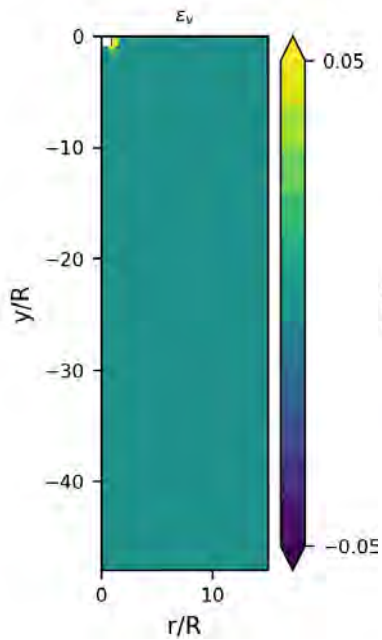
Skjuvspänning



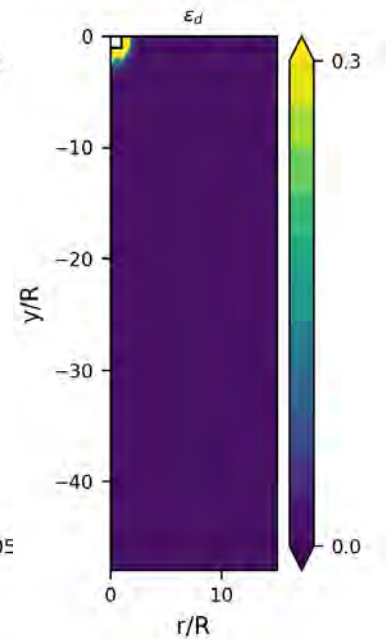
Porövertryck



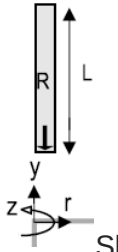
Volymtöjning



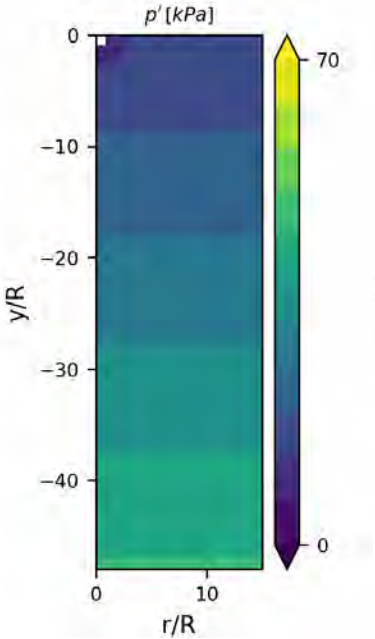
Skjuvtöjning



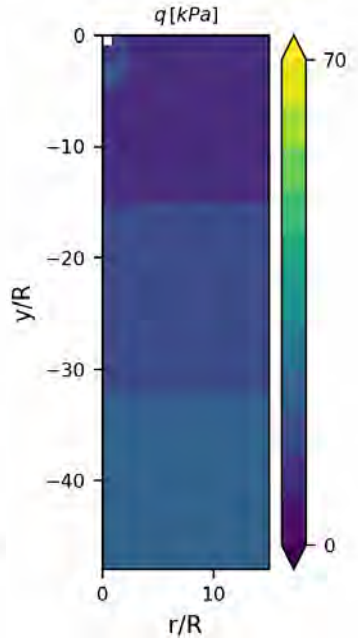
Simulering av pålcykel



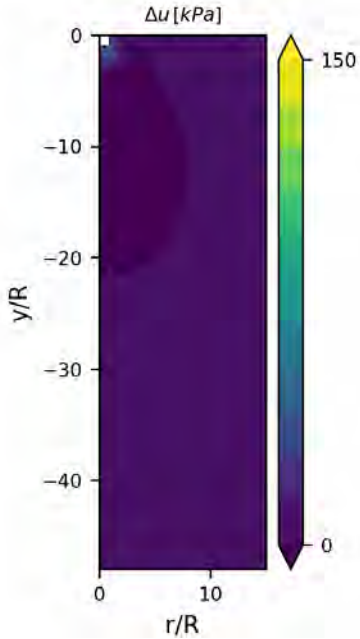
Effektivspänning



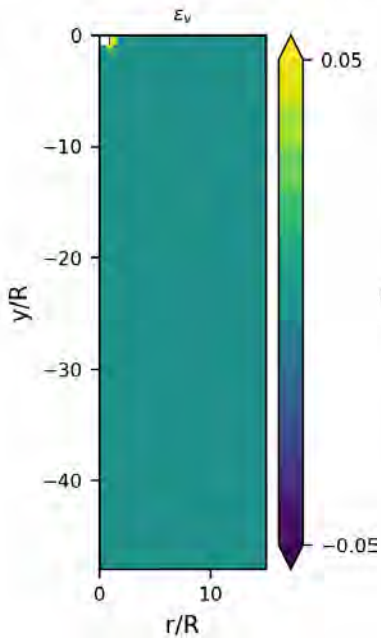
Skjuvspänning



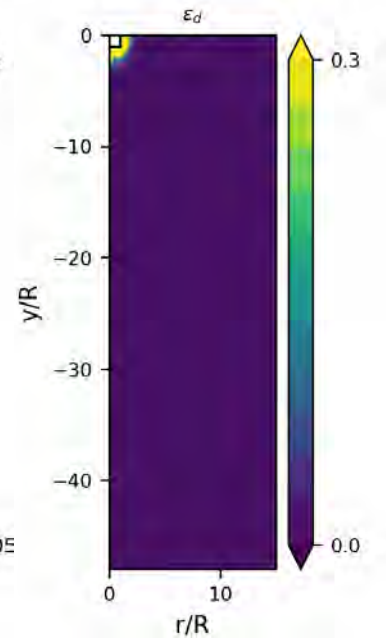
Porövertryck



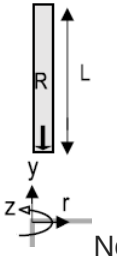
Volymtöjning



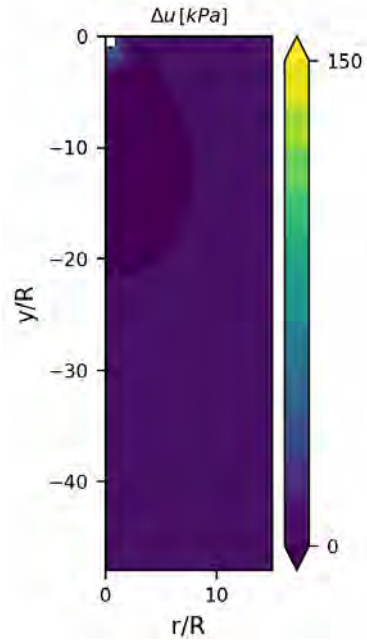
Skjuvtöjning



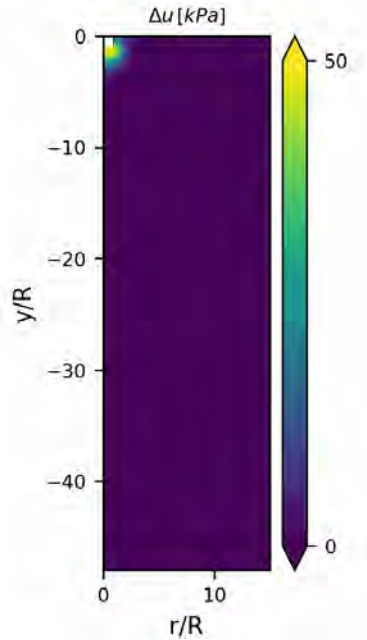
Simulering av pålcykel



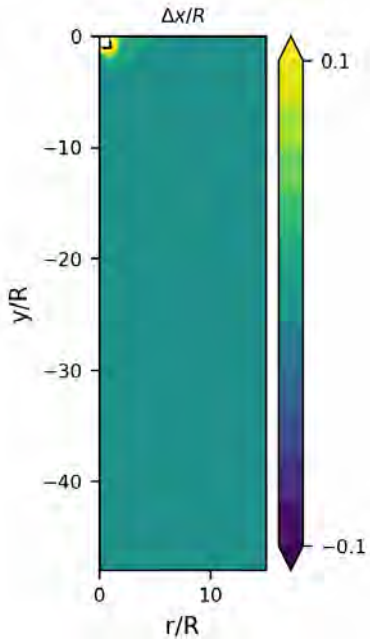
Porövertryck



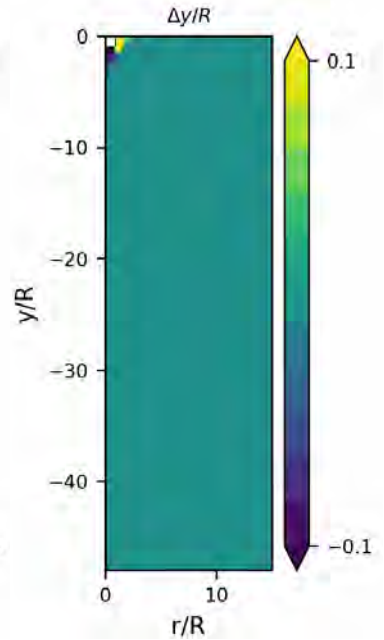
Porövertryck (begränsad)



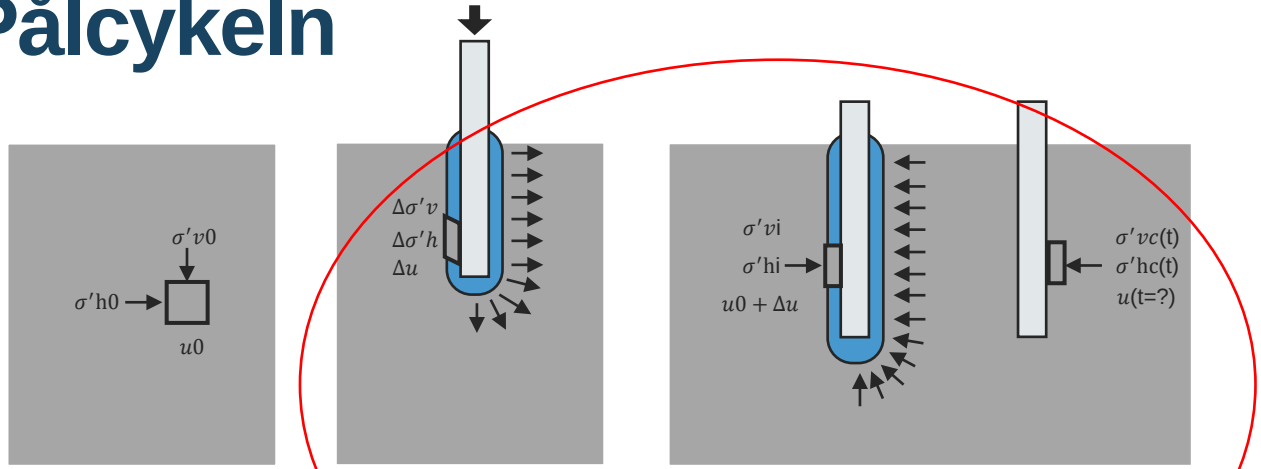
Norm. Horisontell rör.



Norm. Vertikal rör.



Pålcykeln



In-situ

Installation

Brott i jorden
Δ Spänning
Δ Portryck
Rörelse

Utjämning

Δ Spänning
Δ Portryck
Rörelse
Nytt jämviktsläge

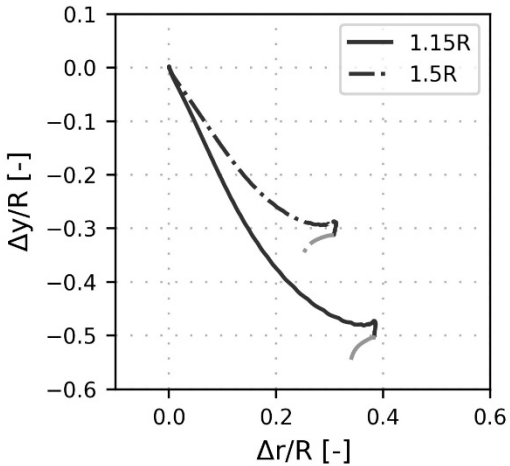
Geologi
Mänsklig aktivitetet

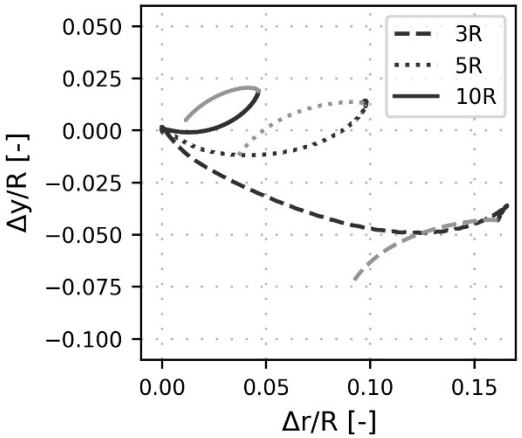
Installationsmetod
Påltyp

Tid
Jordegenskaper

Förskjutning

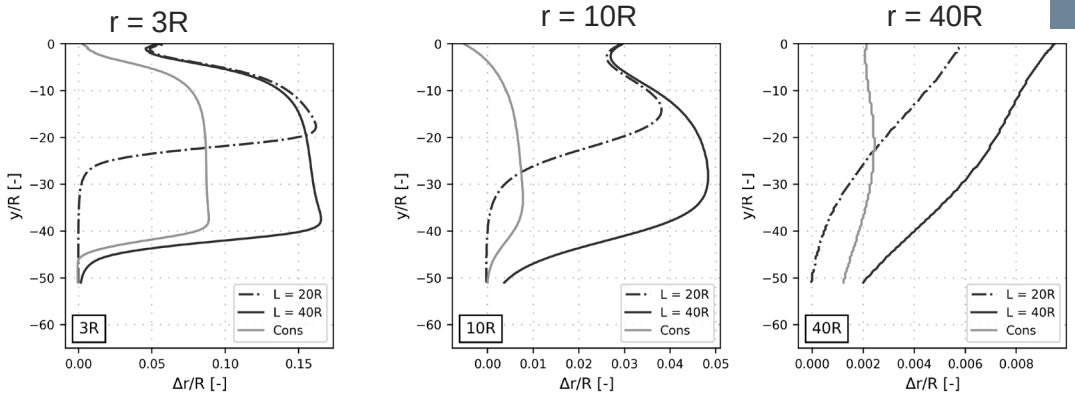
- Rörelsebana för jord mitt på pålen ett djup om 19R



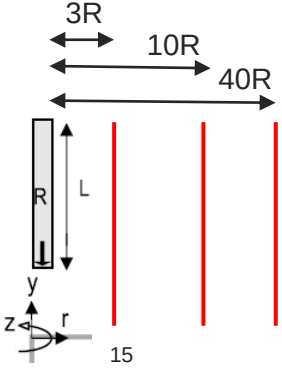


Förskjutning

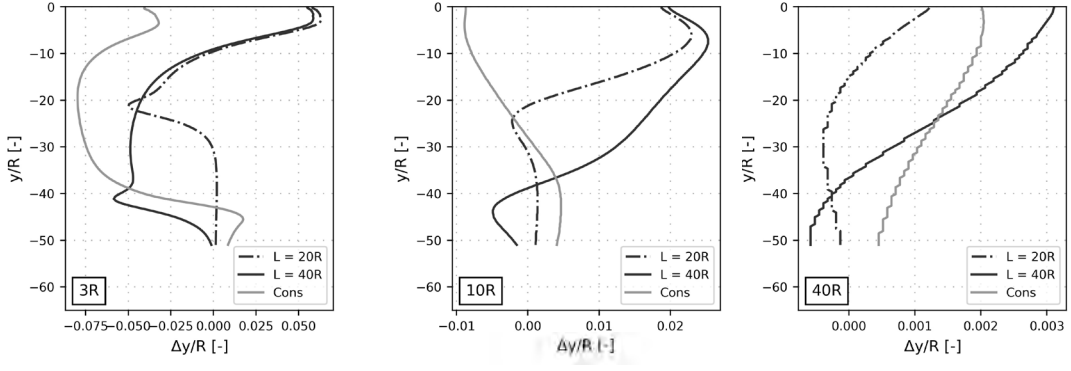
Radiell förskjutning
(Inclinometer)



Svart: Installation
Grå: Konsolidering



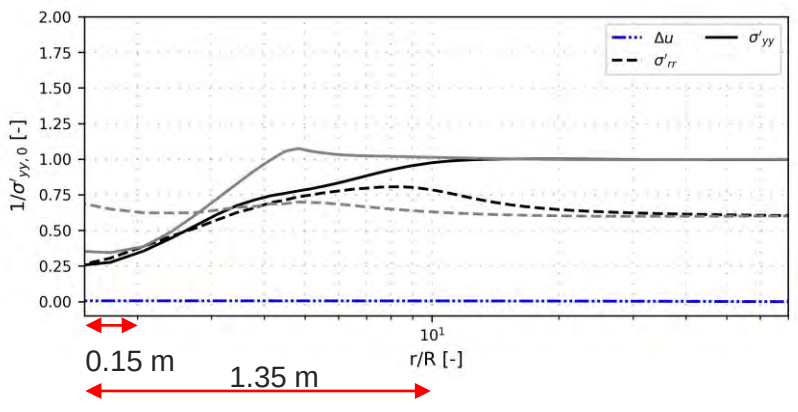
Vertikal förskjutning
(Bälgslang)



Tillståndsförändring

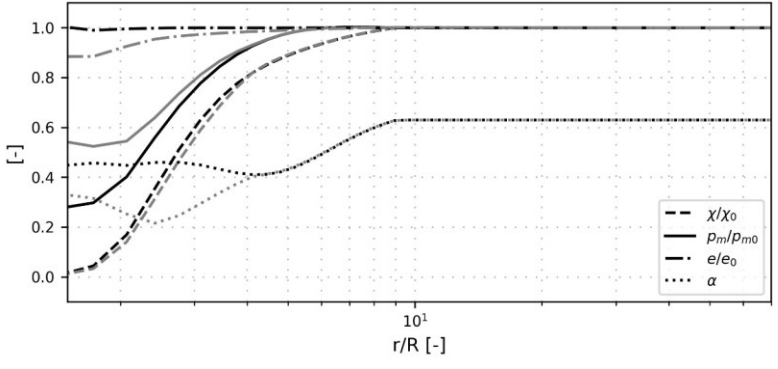
Svart: Installation
Grå: Konsolidering

Spänning



- Portryck
- Reducering av effektivspänning
- Konsolidering ökar effektivspänningar

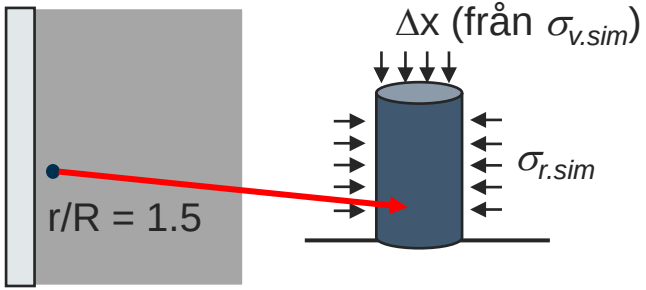
Tillståndsparametrar

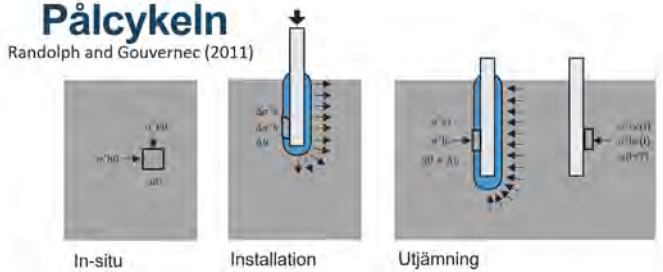


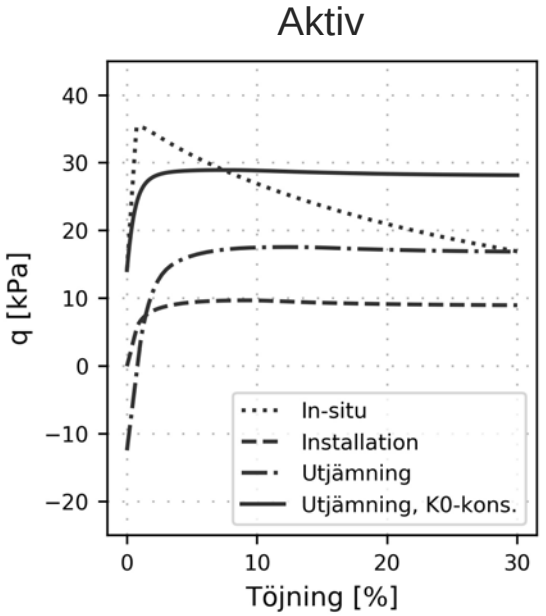
χ	Lerans struktur
α	Lerans anisotropi
e	Lerans portal
p_m	Storlek på flytyta

Vad innebär tillståndsförändringen?

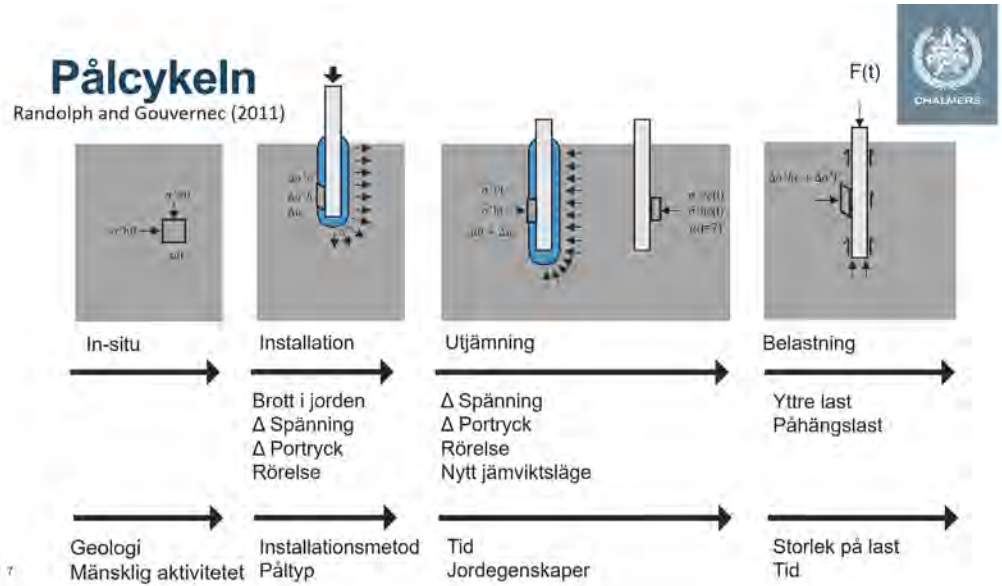
Odränerat triaxialförsök







Avslutning



- Design
- Bygga
- Underhåll
- Uppgradering



CHALMERS

SBUF

NCC

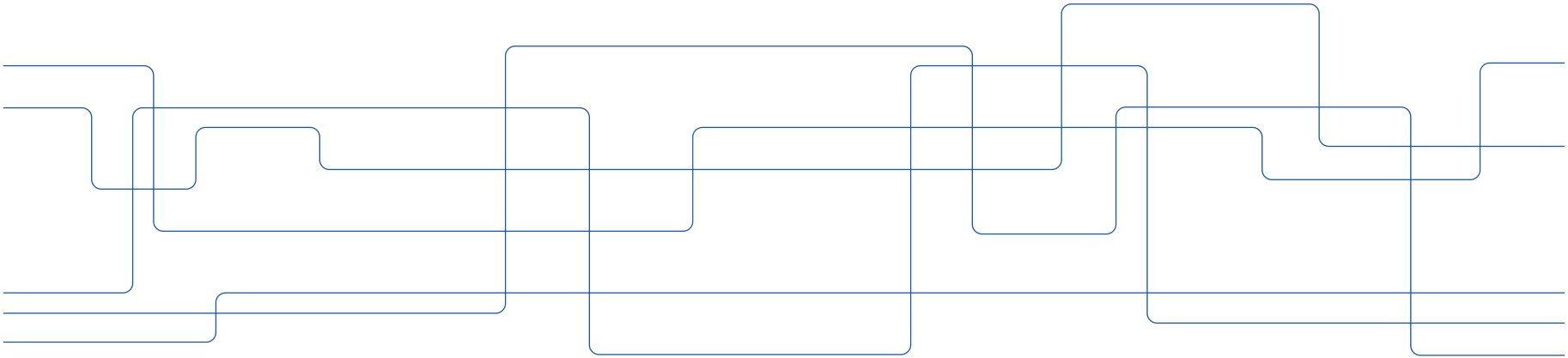
Branschsamverkan i Grunden

BIG VIP: Beslutsteori i geotekniken

26 januari 2023

Johan Spross, KTH Jord- och bergmekanik

Elizabeth Bismut, Dafydd Cotoarbă, Daniel Straub, TUM Engineering risk analysis group



Beslutsteori?



Blaise Pascal tänkte beslutsteoretiskt redan 1659

Beslutsteori handlar om hur man hittar det bästa beslutet, när det finns osäkerheter som påverkar utfallet.

- Den rationella beslutsfattaren ska utvärdera sannolikheten och värdet av varje möjligt utfall och sedan välja det alternativ som maximerar nyttan.

Vanliga antaganden:

- Ofta används von Neumann & Morgensterns (1944) hypotes om att det är *nyttans väntevärde* som ska jämföras.
- Ofta antar man att maximerad nytta kan översättas med minimerad kostnad.

Bakgrund

Inom geotekniken fattar vi många beslut som potentiellt har stora konsekvenser (kostnader), trots att vi ofta hanterar stora osäkerheter. Exempelvis:

- Val av designlösning och konstruktionsmetod (utformning och utförande)
- Val av verifieringsmetod (observationsmetod eller konventionell beräkning)
- Utformning av underhållsplaner (inspektionsintervall och åtgärdsbeslut, etc.)

Givet dessa stora kostnader som har stora osäkerheter, vore det inte intressant att veta vad det optimala beslutet är?

➢ **Förstudie: Beslutsteori i geotekniken**

KTH tillsammans med TUM, München

- Utfört 2020–2022.

Varför förstudie?
Mycket lite forskning finns inom geotekniska tillämpningar

Syfte med förstudien

Förstudien syftar till att undersöka potentialen i bayesiansk beslutsteori för att lösa praktiska geotekniska dimensioneringsfrågor, särskilt avseende optimering av konstruktionens dimensioner utifrån ett riskperspektiv.

Förstudien ger:

- En översikt över hur bayesiansk beslutsteori principiellt kan tillämpas på geoteknisk dimensionering
- Ett omfattande praktiskt beräkningsexempel som är tänkt att ge läsaren mer detaljerad insikt i potentialen med metoden.

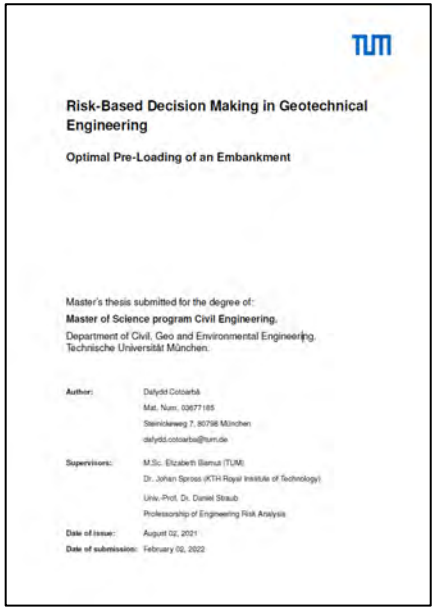
Fokus ligger på en särskild typ av problemformulering, kallat **sekventiellt beslutsproblem**, som författarna bedömt vara särskilt relevant för geotekniska konstruktioner.

Finansiering och publikationer

Projektet har utförts som en del av Johan Spross vistelse som gästforskare på TUM med medfinansiering från Formas.

Projektet har resulterat i följande publikationer:

- Spross J., et al. (2022). Beslutsteori i geotekniken: Förstudie. **Teknisk rapport, KTH**. (Under utgivning.)
- Bismut E., et al. (2022). Optimal adaptive decision rules in geotechnical construction considering uncertainty. Submitted to **Geotechnique**.
- Cotoarbă D. (2022). Risk-Based Decision Making in Geotechnical Engineering: Optimal Pre-Loading of an Embankment. **Master thesis, TUM**.



Risk-Based Decision Making in Geotechnical Engineering

Optimal Pre-Loading of an Embankment

Master's thesis submitted for the degree of:
Master of Science program Civil Engineering.
Department of Civil, Geo and Environmental Engineering.
Technische Universität München.

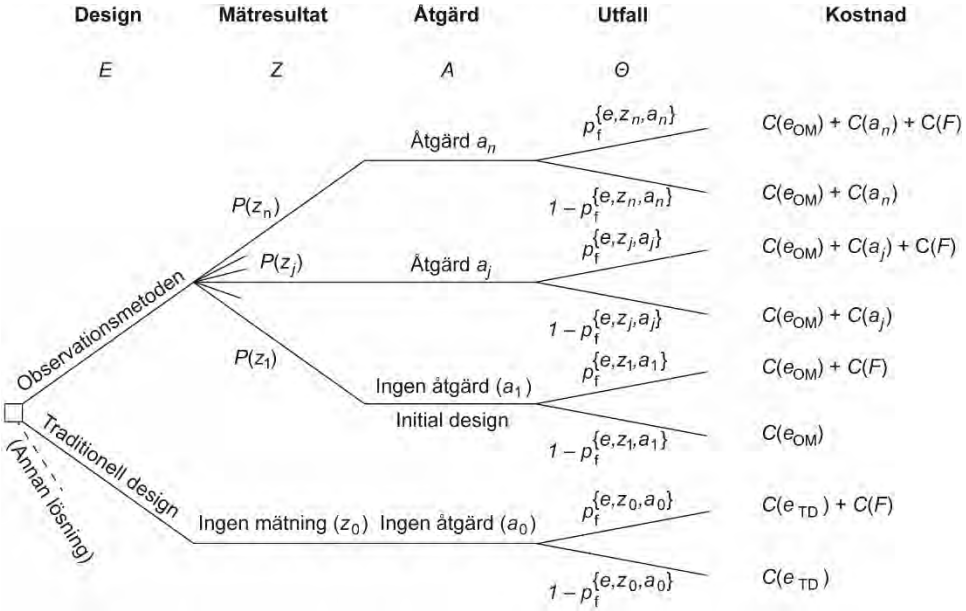
Author: Dafydd Cotoarbă
Mat. Num.: 03677185
Steinickeweg 7, 80798 München
dafydd.cotoarba@tum.de

Supervisors: M.Sc. Elizabeth Bismut (TUM)
Dr. Johan Spross (KTH Royal Institute of Technology)
Univ.-Prof. Dr. Daniel Straub
Professorship of Engineering Risk Analysis

Date of issue: August 02, 2021
Date of submission: February 02, 2022

Olika typer av beslutsteoretiska analyser

- **A priori-analysen:** den vanliga dimensioneringsuppgiften att välja den mest kostnadseffektiva lösningen.
- **A posteriori-analysen:** analys av effekten av en utförd åtgärd, t.ex. påverkan på brottsannolikhet givet tillkommen kunskap från ytterligare undersökningar.
- **Preposteriori-analysen:** Analys av om det är värt att utföra ytterligare undersökningar jämfört med andra möjliga åtgärder – ska vi göra mer undersökningar eller förstärka konstruktionen direkt?
- **Sekventiella beslutsproblem:** mer om dem på nästa slide



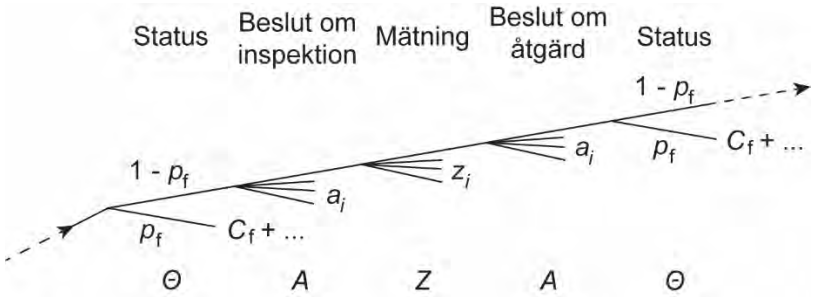
Figur: Preposterior-analys

Sekventiella beslutsproblem: POMDP

I många geotekniska tillämpningar fattas flera beslut efter varandra, *i sekvens*.

Exempel: när en konstruktion övervakas genom upprepade mätningar.

- Vilken typ av inspektion ska genomföras?
- När ska inspektionen genomföras?
- Ska åtgärd utföras givet mätresultatet?



Detta kan teoretiskt beskrivas som den ”Partiellt observerbara Markovbeslutsprocessen”, förkortat POMDP på engelska. Denna svarar på:

- Vilken är den optimala övervaknings- och åtgärdsstrategin för att minimera kostnaderna?

Förutsättningar för optimeringen

Principiellt behöver vi ha tillgång till följande:

- Kostnadsmodeller för alla ingående kostnader – t.ex. byggnation, skadekostnad, kostnad för mätprogram…
- Prediktionsmodeller som förutsäger hur konstruktionen förväntas bete sig – t.ex. sättning över tid, materialnedbrytning …
  - Modellerna ska beskriva *sannolikheten* för olika möjliga mätresultat över tid och beakta modellfel, mätfel, osäkerheter av bristande kunskap, m.m.

➢ **Syftet med POMDP-analysen blir att ta fram en uppsättning regler som kan guida beslutsfattaren till det optimala beslutet efter varje ny observation.**

Heuristiska strategier förenklar optimeringen

Att hitta den teoretiskt optimala sättet att utföra mätningar och åtgärder är ogörligt.

- ➢ Det går inte att analysera och jämföra alla teoretiskt möjliga alternativ.

Lösningen:

Vi förenklar beslutsproblemet genom att bara beakta en begränsad uppsättning förenklade beslutsregler eller procedurer – kallade *heuristiker.*

- Vi *parametriserar* strategierna genom att beskriva dem med parametrarna **w** = [w_1, w_2 …]
- Hitta de optimala **w*** för varje strategi, $\mathcal{S}_{\mathbf{w}}^{\{i\}}$.
- Välj den strategi som har lägst kostnad av de analyserade.

Exempel på heuristiska strategier för potthålsinspektion

$\mathcal{S}_{\mathbf{w}}^{\{1\}}$: Inspektion sker den första vardagen i varje tjälfri månad. Om inspektionen upptäcker fler än w_1 potthål som okulärt bedöms vara bredare än ca 40 cm, ska vägen hyvlas till ett djup av 6 cm.

$\mathcal{S}_{\mathbf{w}}^{\{2\}}$: Inspektion sker var w_1:e dag, helgdagar oräknade, under den tjälfria delen av året. Om detta är en dag när inspektion ska ske, inspektera potthålen i vägen. Om fler än w_2 potthål är djupare än w_3 centimeter, ska vägen hyvlas till djupet w_4 centimeter.

Metoder för att lösa optimeringsproblemet

För att hitta de optimala värdena på våra parametrar **w** = [w_1, w_2 …] finns flera metoder tillgängliga.

Totalsökning är enklast att förstå:

- Välj möjliga största och minsta värde på parametrarna i **w** = [w_1, w_2 …].
- Diskretisera varje parameter, d.v.s. dela upp i små bitar: w_1 = 0.1, 0.2,… ; w_2 = 2.2, 2.3, …
- Beräkna kostnaden som associeras med varje möjlig kombination av alla w-värden i **w**.
- Optimala värden i **w** ges av den kombination som har lägst kostnad.

➢ Men kräver stor beräkningskraft för det är ju många kombinationer.

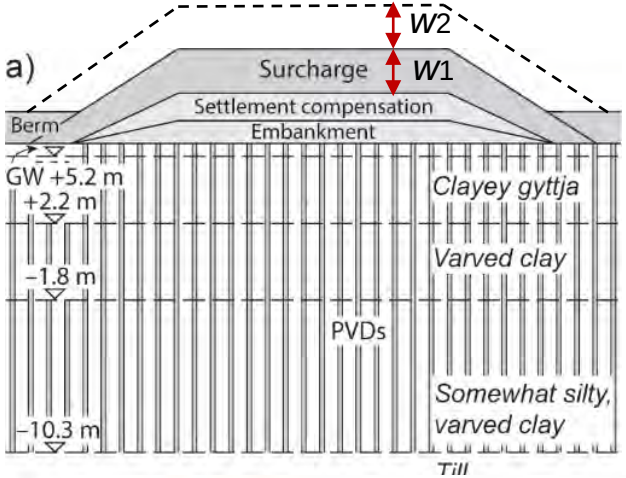
➢ Med smartare simuleringsmetoder kan man minska antalet beräkningar. **Korsentropimetoden!**

Exempel:
Hur hög ska överlasten vara? Och när mäta?

En 23 m bred, 1,2 m hög och 500 m lång vägbank ska anläggas på 15,5 m lös lera med överlast och vertikaldränering. Hur hög överlast behövs?

Kostnader: byggkostnad, förseningsvite och sättningsskadekostnader

Sättningsmodell: Spross & Larsson (2021), en probabilistisk sättningsmodell för överlaster

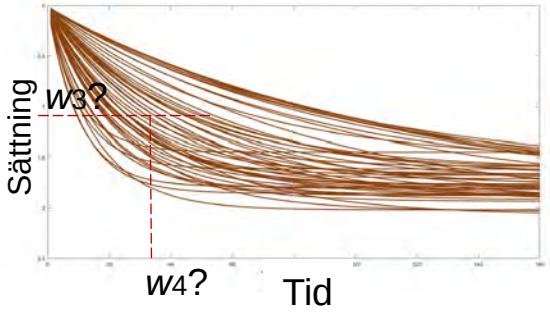


Tre beslutsscenarior:

DS #1: Enbart initial höjd, w_1, på överlast söks.

DS #2: Möjlighet att mäta sättning efter halva liggtiden (36 v.) och då höja överlasten w_2 meter om sättning < w_3.

DS #3: Möjlighet att mäta sättning efter w_4 veckors liggtid och då vid behov höja överlasten w_2 meter om sättning < w_3.



Spross, J. & Larsson, S. (2021). Probabilistic observational method for design of surcharges on vertical drains. Géotechnique 71(3), 226–238.

Beräkningsresultat

		DS #1	DS #2	DS #3
Parameter	Unit	Heuristic 1	Heuristic 2A	Heuristic 3
h_0 = $w1$	[m]	1.05	0.98	0.95
h_1 = $w2$	[m]	-	1.06	1.81
s_{th} = $w3$	[m]	-	0.71	0.37
t_1 = $w4$	[weeks]	-	$36^{(*)}$	20
Expected cost	$[10^6 SEK]$	8.11	6.54	6.06
Std. dev. cost	$[10^6 SEK]$	7.4	6.3	5.6

$^{(*)}$Value is not optimized but fixed

Minst kostnad:
Optimalt beslut!

Man får också fram detaljerad information om
t.ex. vilka kostnader som bidrar mest till totalen

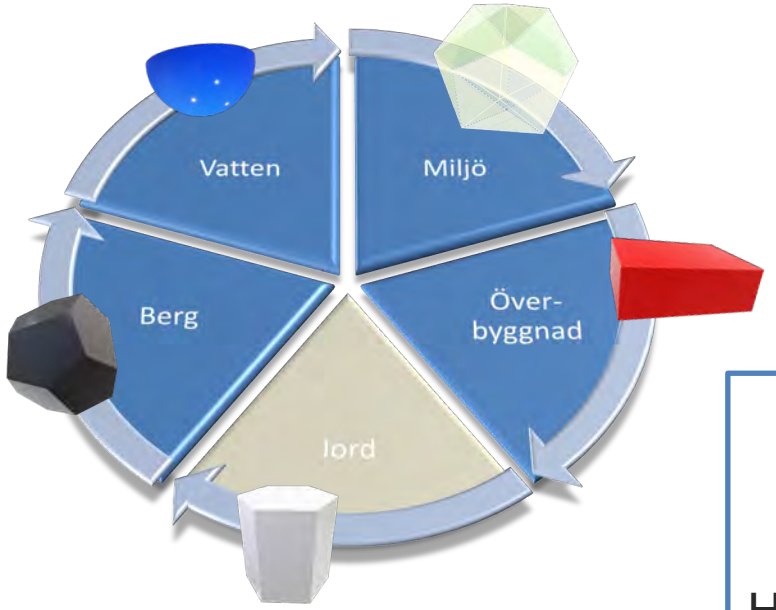
Slutsatser av förstudien

- Beslutsteoretiska analyser har stor potential att bidra till ett beslutsfattande som i ett långsiktigt perspektiv bättre hushållar med tillgängliga medel.

Fortsatt forskning:

- Undersökning av hur andra geotekniska dimensioneringsfrågeställningar kan beskrivas som beslutsteoretiska problem.
- Undersökning av hur underhållsplaner för geotekniska konstruktioner kan optimeras av beslutsteoretiska analyser. Sådana planer bör kunna beskrivas som sekventiella beslutsproblem.
- Utveckling och validering av kostnadsmodeller för vanliga kostnadstyper som uppkommer i geotekniska byggprojekt.
- Fortsatt forskning på probabilistiska modeller för att beskriva markens beteende före, under och efter byggnation.

Vilken är nyttan?
Dela erfarenheter



När vi presenterar det som görs / projektresultat

Vilken nytta ger resultaten till de 4 andra kompisarna?

Vilken nytta kunde projekten haft av de 4 andra kompisarna?

När vi delar erfarenheter om hur vi arbetar

Hur skulle de 4 andra kompisarna kunna ta nytta av era erfarenheter?

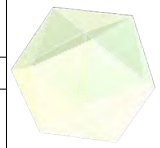
Vilka tankar eller frågor vill de 4 andra kompisarna dela med er?

Transportation Geotechnics
Två dagar för att diskutera

	26 JANUARI
11.30	**Registrering och kaffe**
11.45	**Transportation Geotechnics – vad är det?**
	Välkommen! *K. Viking, Trafikverket*
	Transportation Geotechnics en första bild Inklusive introduktion av medverkande teknikområden *G. Franzén, BIG sekretariat*
12.45	**Gemensam lunch**
13:45	**Transportation Geotechnics – Jord**
	Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
	Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Överbyggnad
	Påverkan från kulvertar på bankens beteende *J. Meng, Luleå*
	Pågående forskning inom Överbyggnad *R. Karlsson, Trafikverket*
	Diskussion
16.00	Eftermiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Miljö
	Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering *X. Song, SGI*
	Pågående forskning inom miljö *Representant från Trafikverket*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Sammanfattning dag 1
	Summering av diskussionen så här långt Introduktion till kvällens fortsatta diskussion runt småbord. *G. Franzén, BIG sekretariat*
PREL.19.00	Diskussion runt "Transportation Geotechnics" fortsätter runt små bord, där klockan inte längre styr.

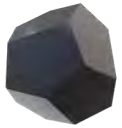






	27 JANUARI
08.30	**Transportation Geotechnics**
	Vi summerar föregående kvälls diskussioner
	Transportation Geotechnics – Vatten
	Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
	Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
	Diskussion
Prel 10.00	Förmiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Berg
	Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
	Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – En möjlighet?
	Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs? Diskussion där några utvalda börjar med att ge sin syn. Övriga fyller sedan på med sin syn. Vilken slutsats drar vi avseende möjligheterna?
13.00 – 14.00	**Vi avslutar dagarna med en gemensam lunch!**





Transportation Geotechnics – Överbyggnad

Påverkan från kulvertar på bankens beteende

J. Meng, Luleå

Pågående forskning inom Överbyggnad

R. Karlsson, Trafikverket

Diskussion



TRANSPORTATION GEOTECHNICS ÖVERBYGGNAD

Role of culvert structures on dynamic behaviours of railway embankment

Jingjing Meng

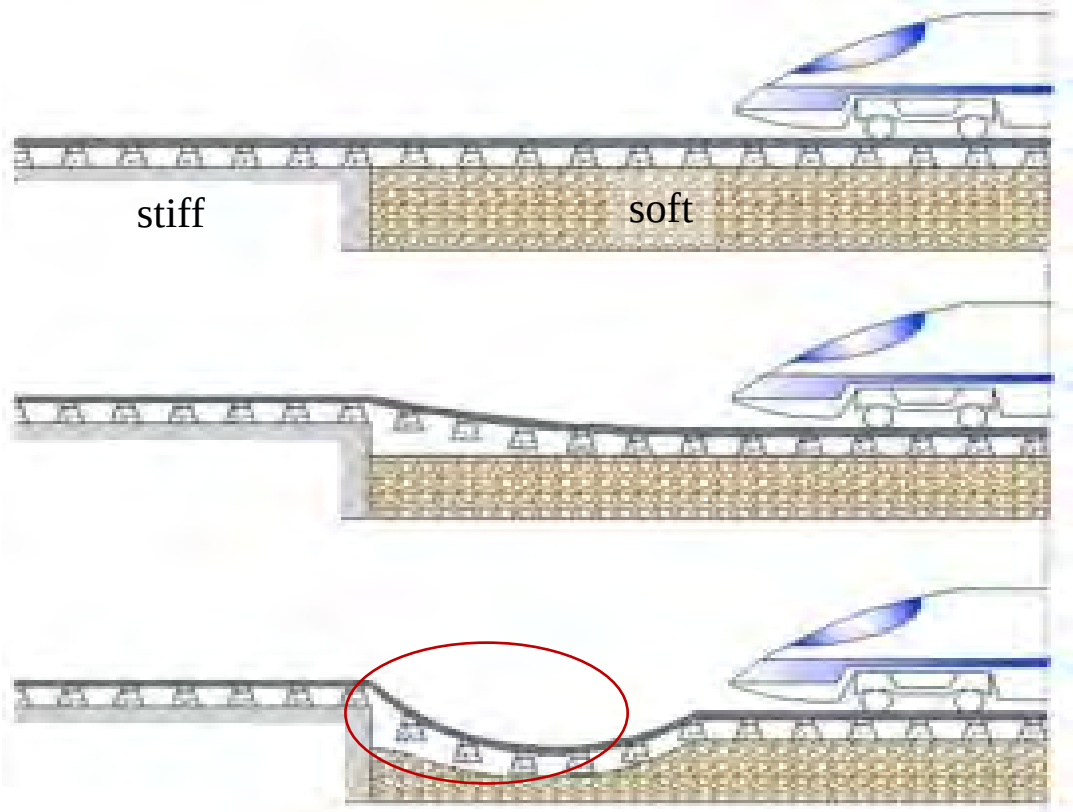
Luleå tekniska universitet

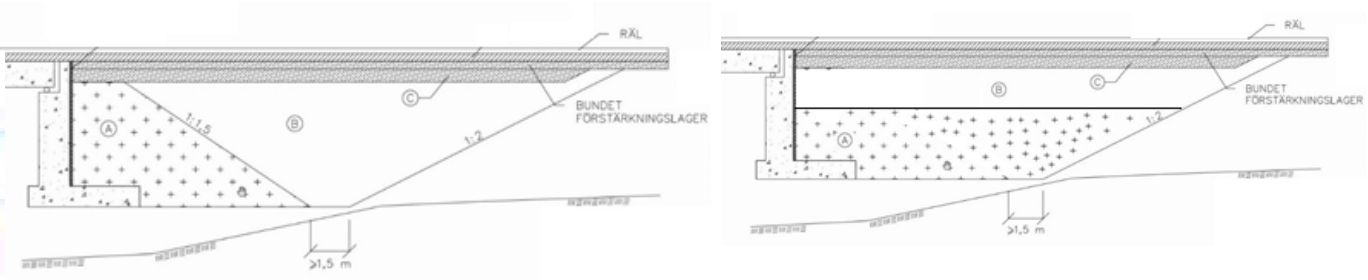
1/29/2023

- ❑Railway Track Transition Zones with culvert structures
- ❑Impact of culvert foundation
- ❑Impact of culvert depth
- ❑Impact of culvert size
- ❑Impact of culvert shape
- ❑Deep culvert

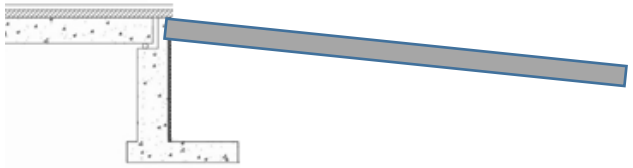


Research Background





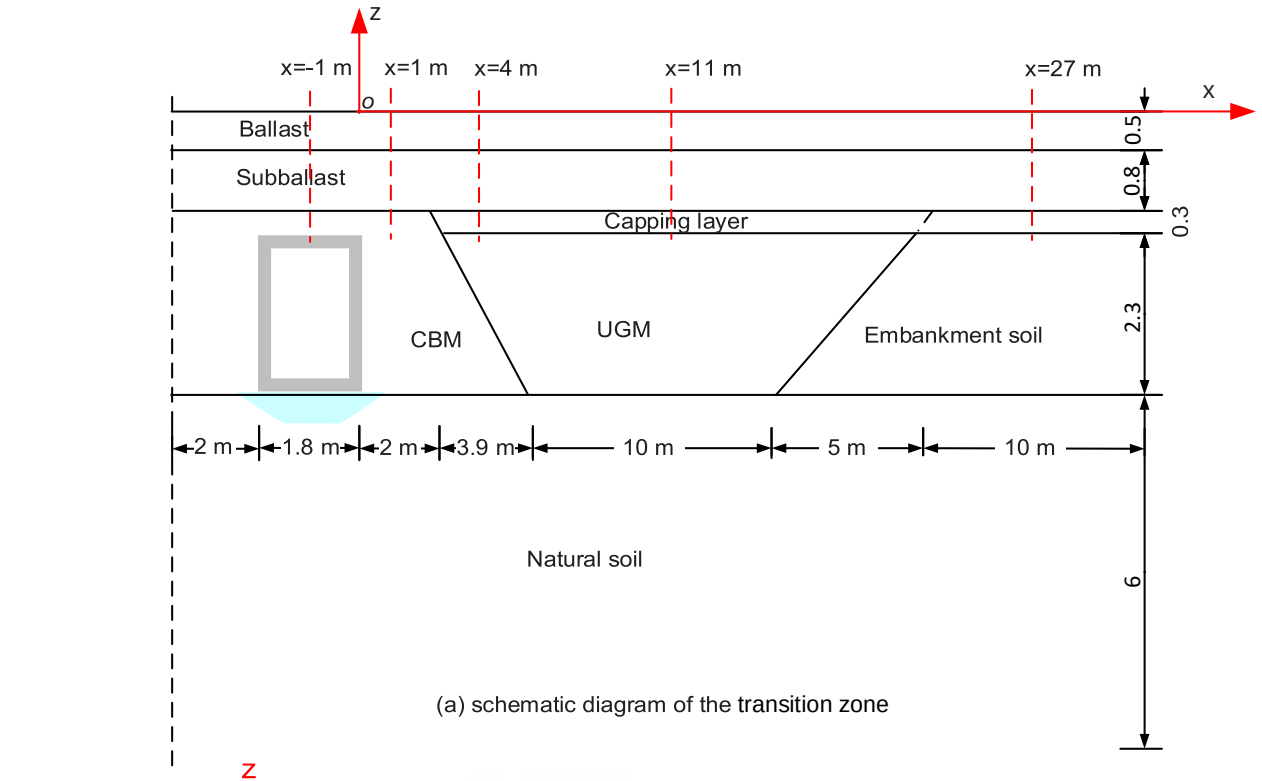
Wedge-shaped backfills



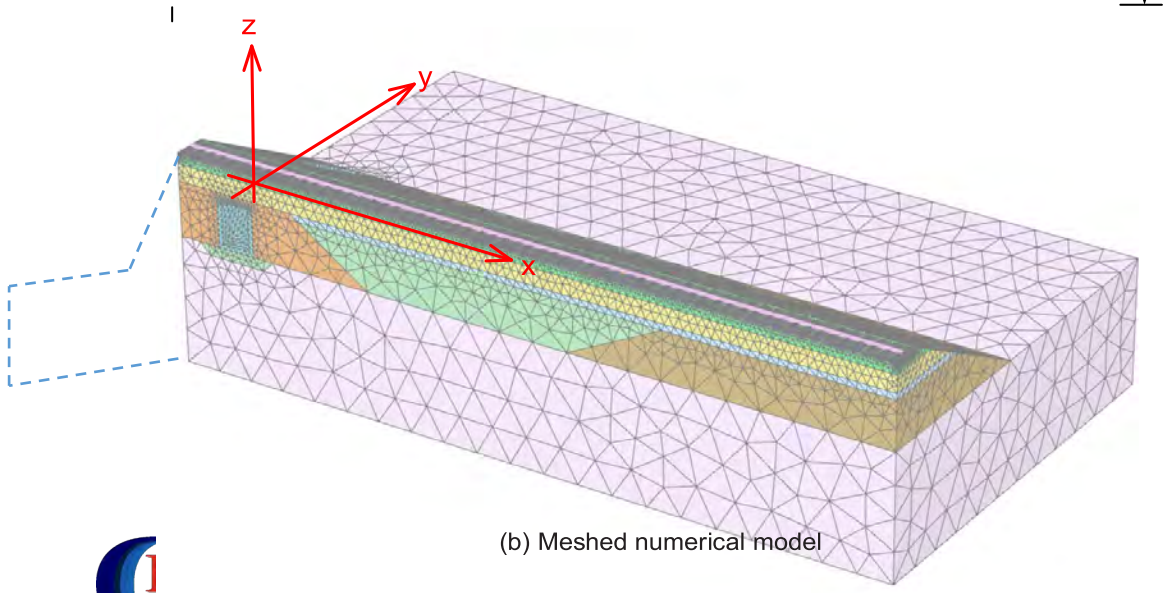
Transition slab



Under sleep pad …



(a) schematic diagram of the transition zone

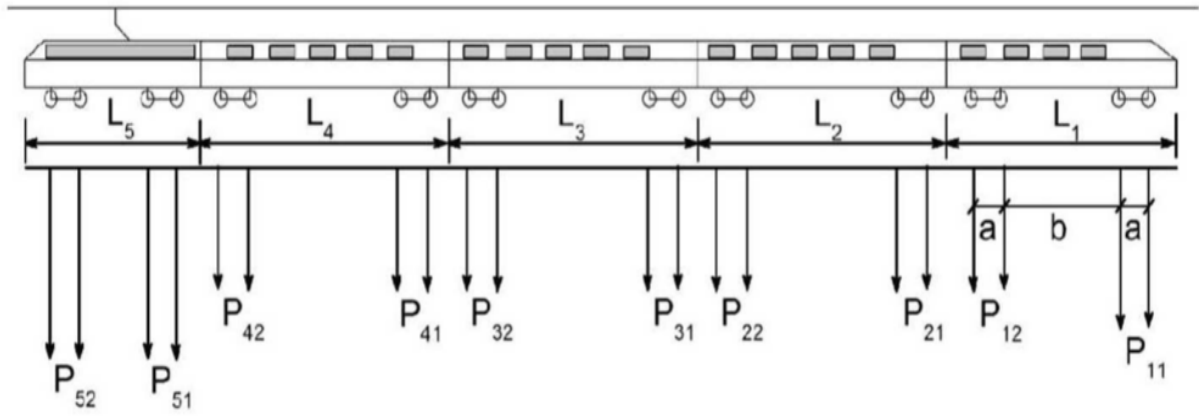


(b) Meshed numerical model

Materials	E (MPa)	ρ (kg/m3)	ν
Sleeper	30e3	2054	0.2
Concrete structure	30e3	2500	0.3
Foundation soil	285	1900	0.3
Embankment soil	80	1900	0.3
Cement bound granular mixture (CBM)	10e3	2110	0.3
Ballast	130	1530	0.2
Sub-ballast	120	1935	0.3
Unbound granular material (UGM)	1030	1935	0.3

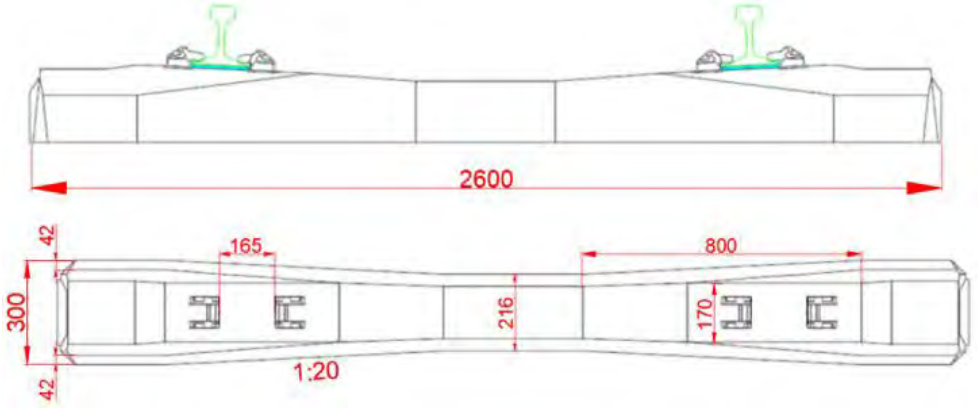
Element number	120 k
Time step	0.5 ms

Model parameters



X-2000 train 200 km/h
P52, Axial load=181.5 kN

B70 concrete mono-block sleeper
2.6m long, spaced 0.6 m

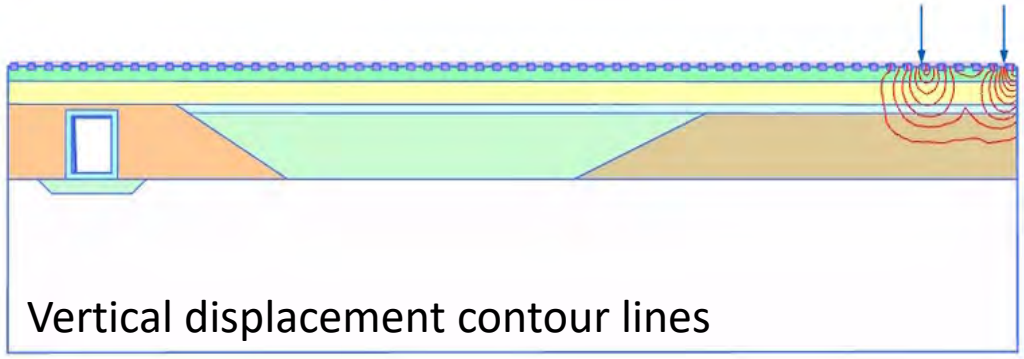


Results

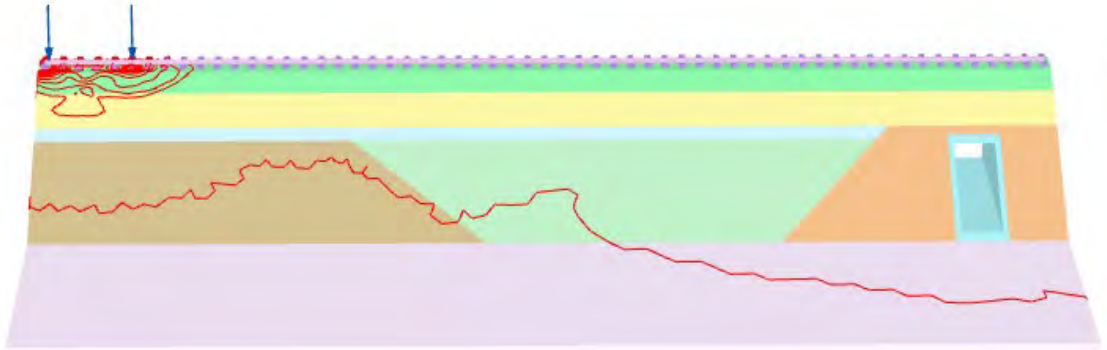


Deformed mesh by moving train loads





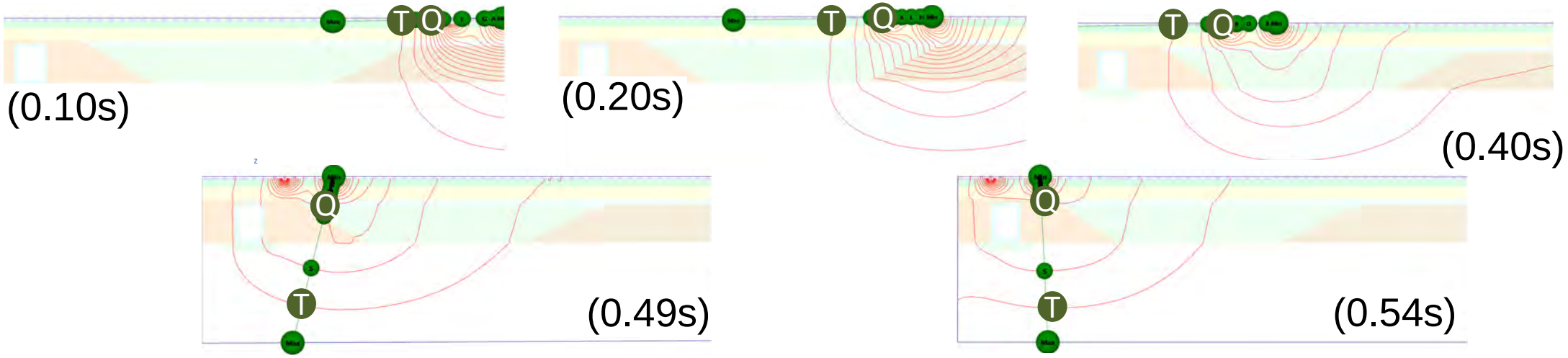
Vertical displacement contour lines



Front view of vertical displacement contour lines

0.02 T 0.1 Q 0.2 N 0.3 K 0.4 H 0.5 D 0.6 A (mm)

Track response under moving train loads



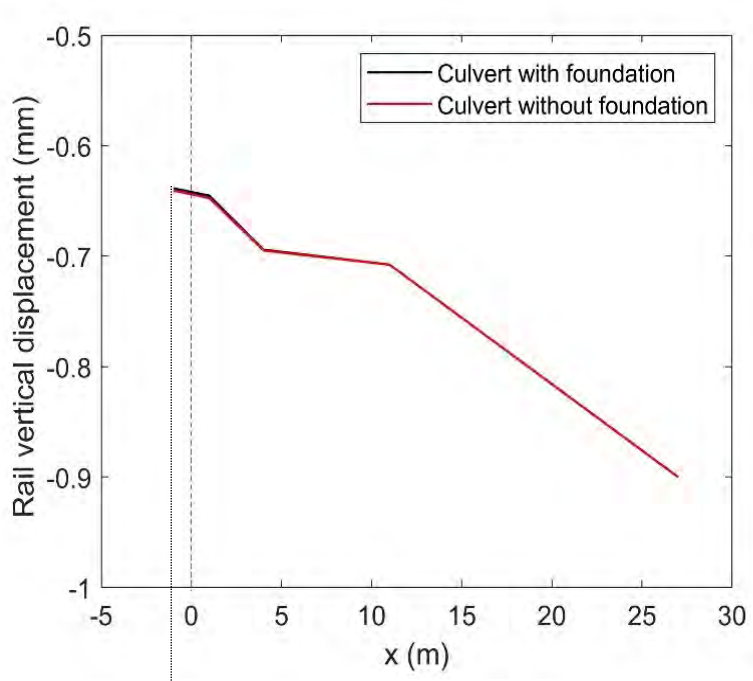
0.02 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 (mm)

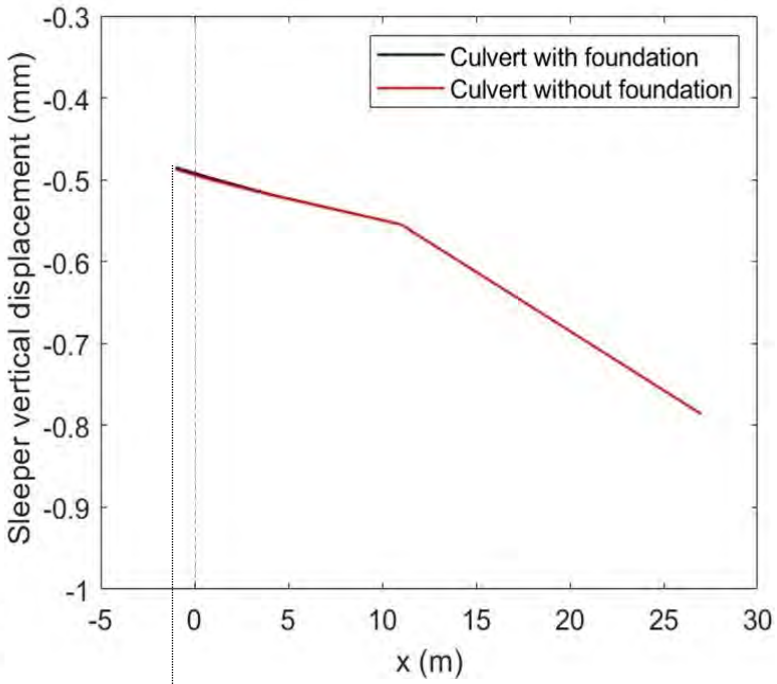
~~T~~ ~~Q~~ ~~N~~ ~~K~~ ~~H~~ ~~D~~ ~~A~~

Each line represents a certain level of vertical displacement

Impact of Culvert foundation

- Vertical displacement of the rail and sleepers

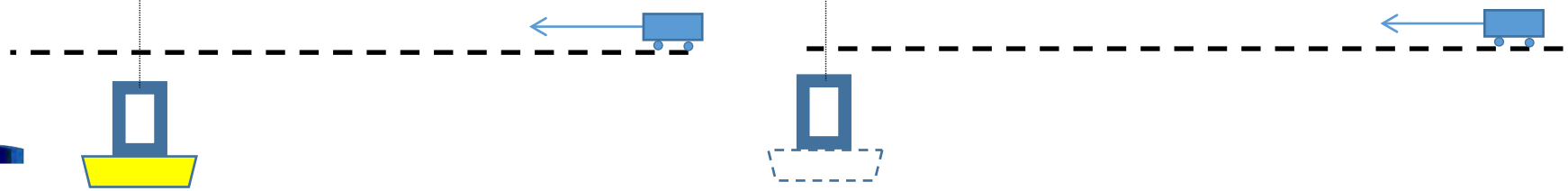






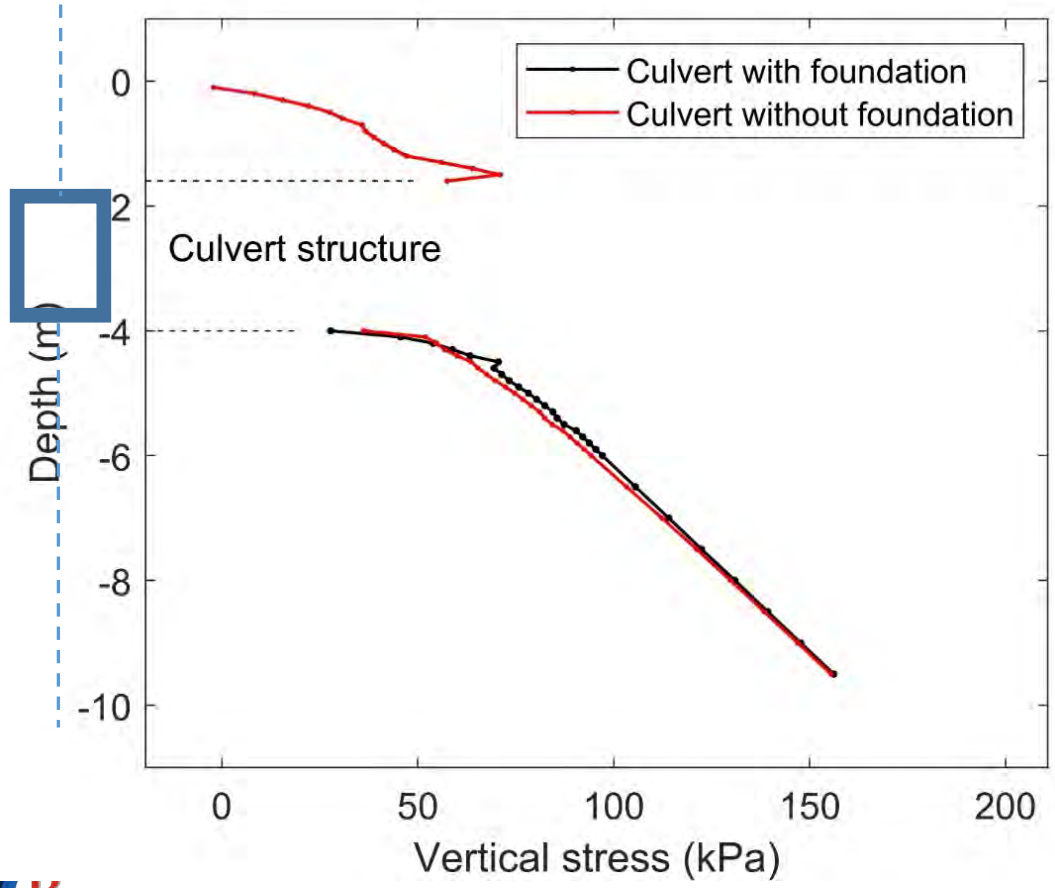
E=1030 MPa

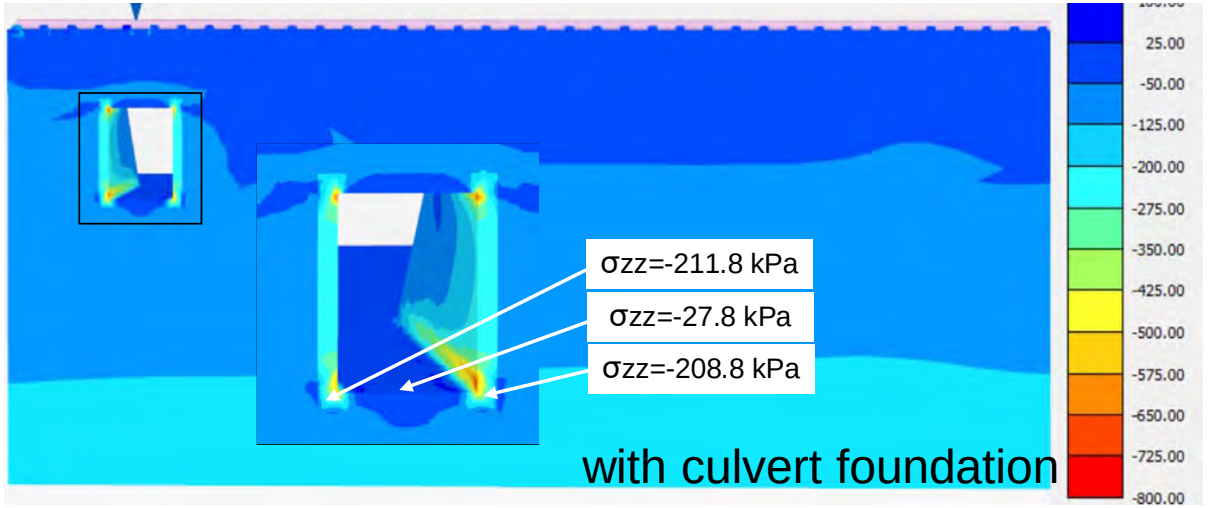
Soil foundation, E= 285 MPa

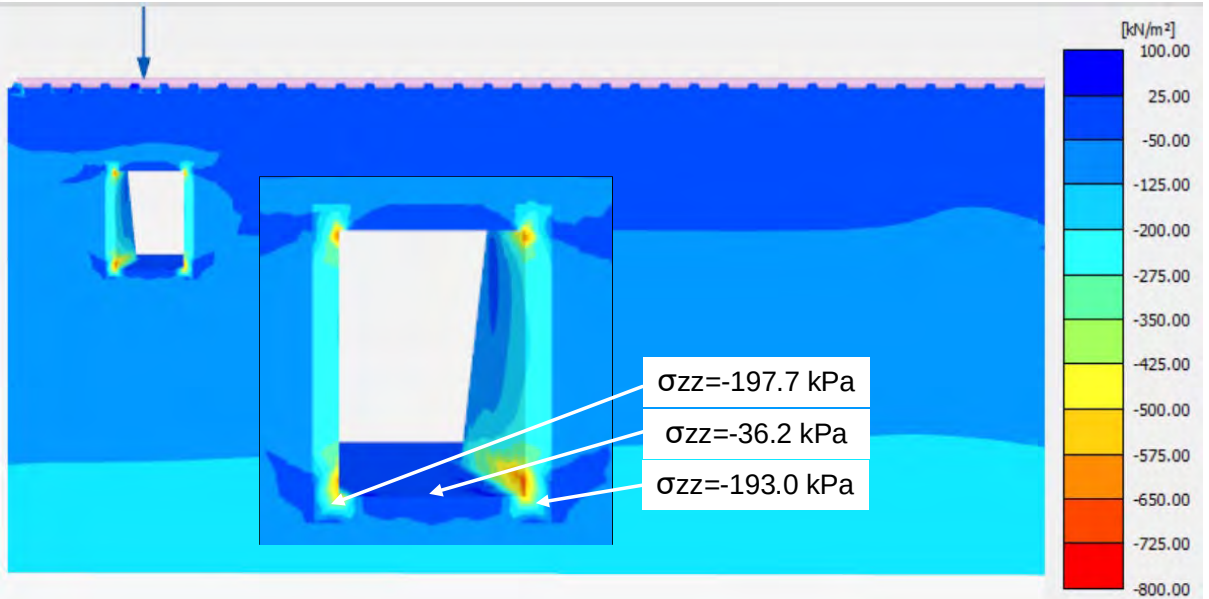


Impact of Culvert foundation

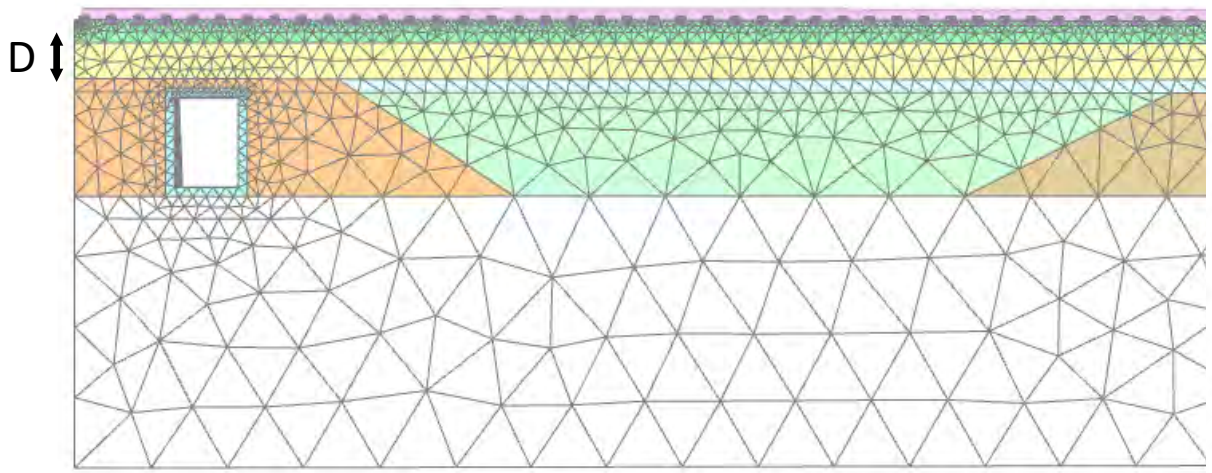
- Vertical stress

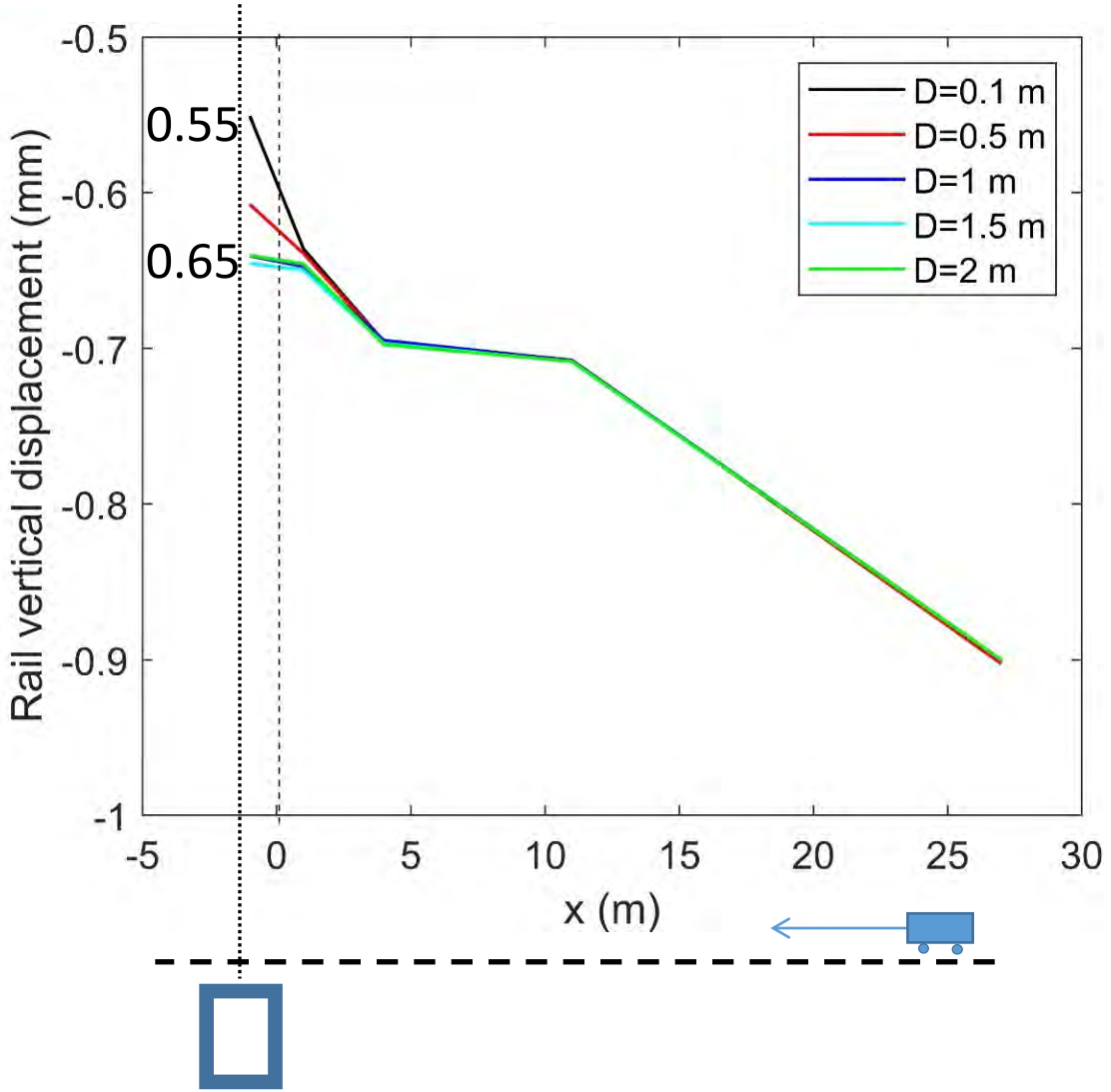




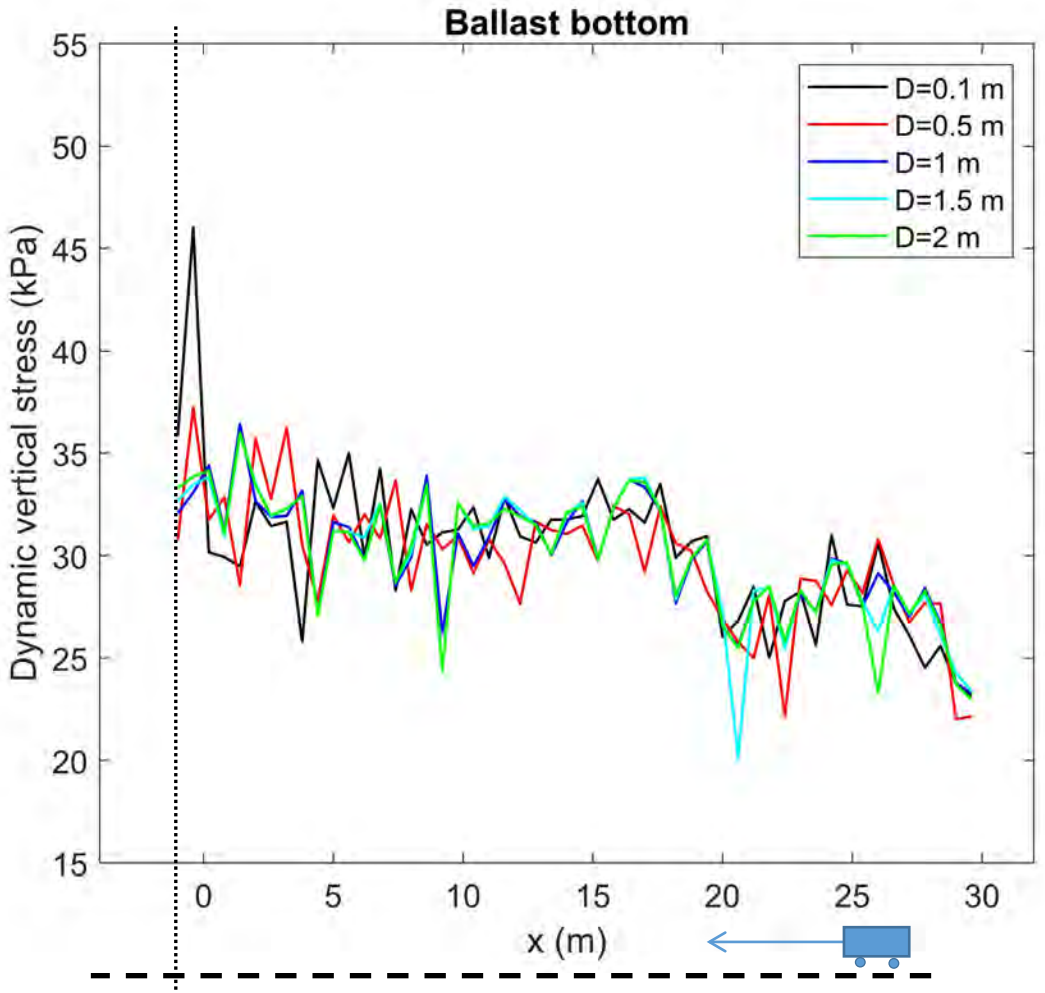


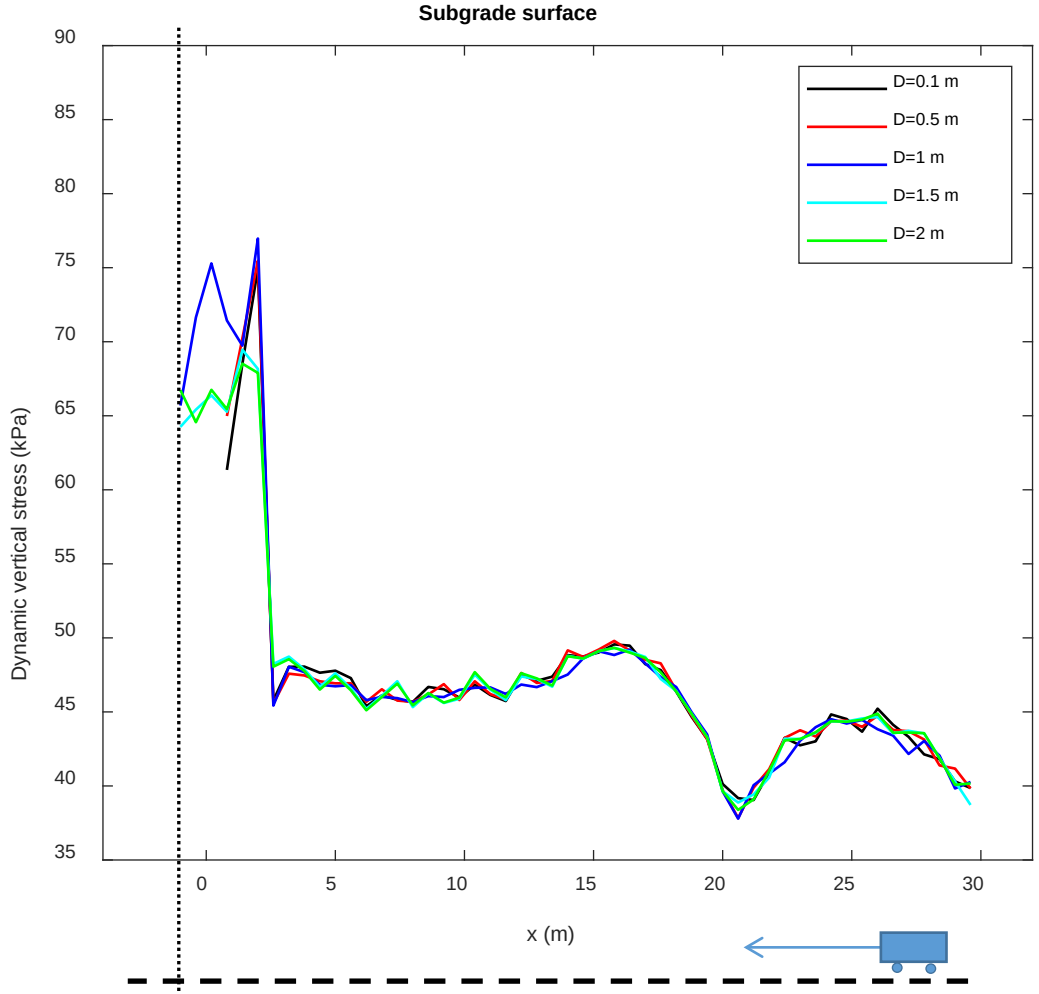
Impact of Culvert Depth



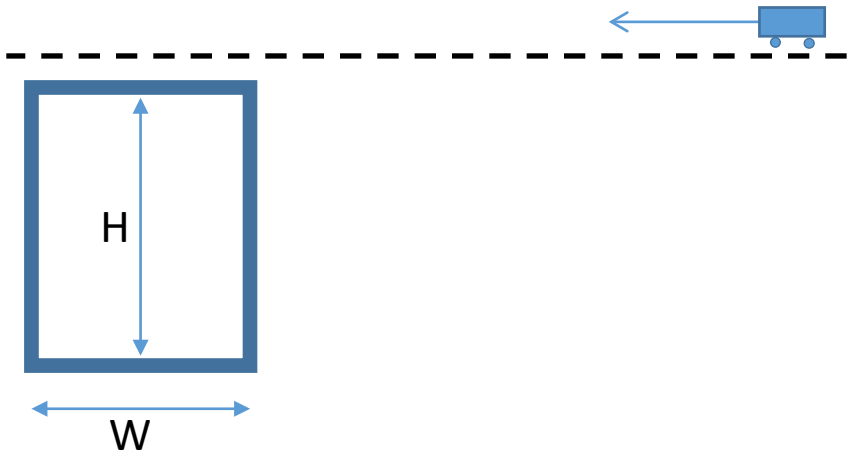


Impact of Culvert Depth

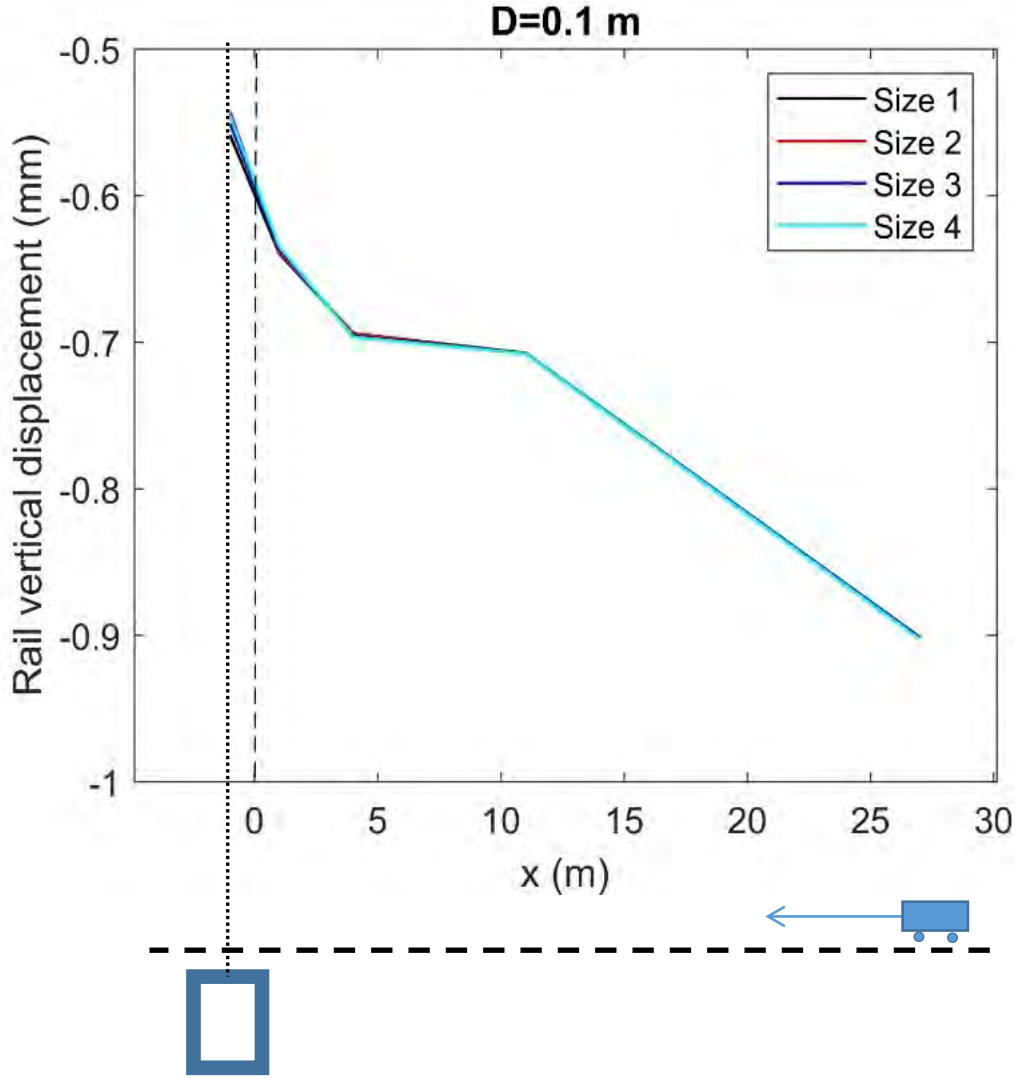




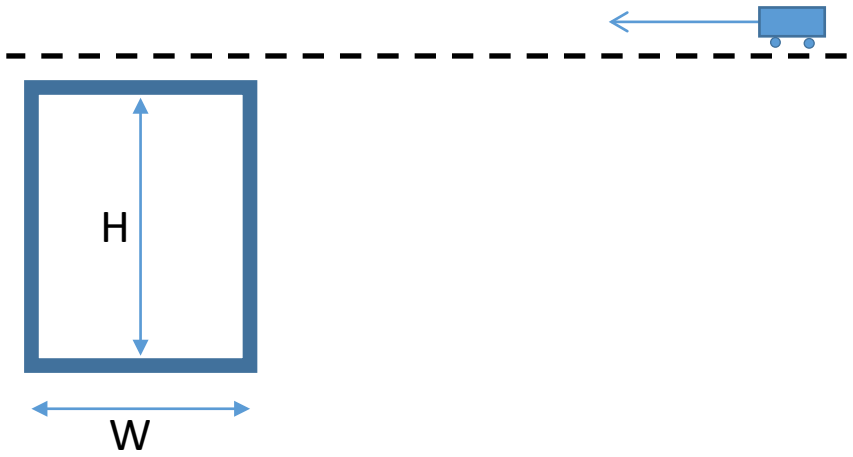
Impact of culvert size



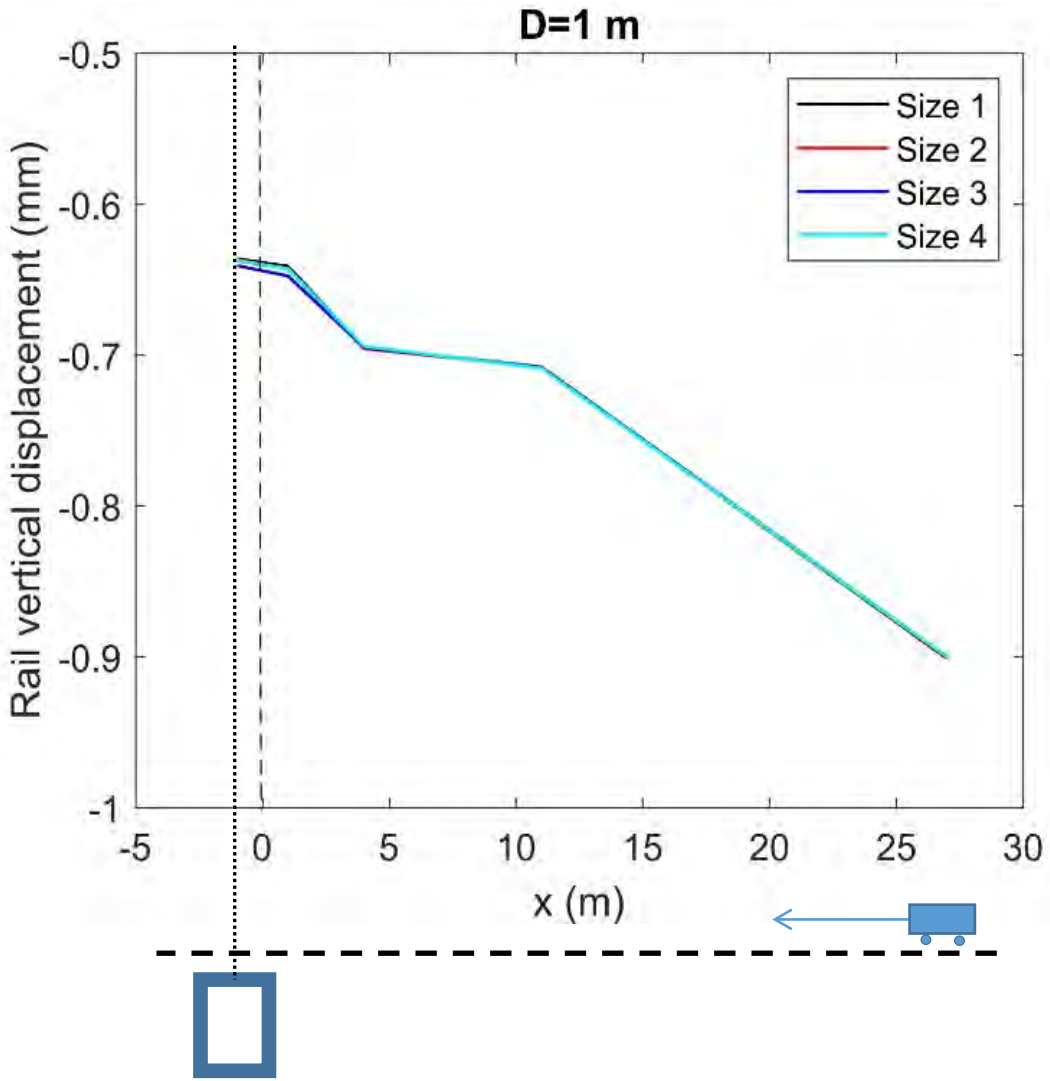
Series	Size: H x W (mm x mm)	Thickness mm
Size 1	900 x 600	100
Size 2	1800 x 1200	175
Size 3	2400 x 1800	200
Size 4	3600 x 2400	300



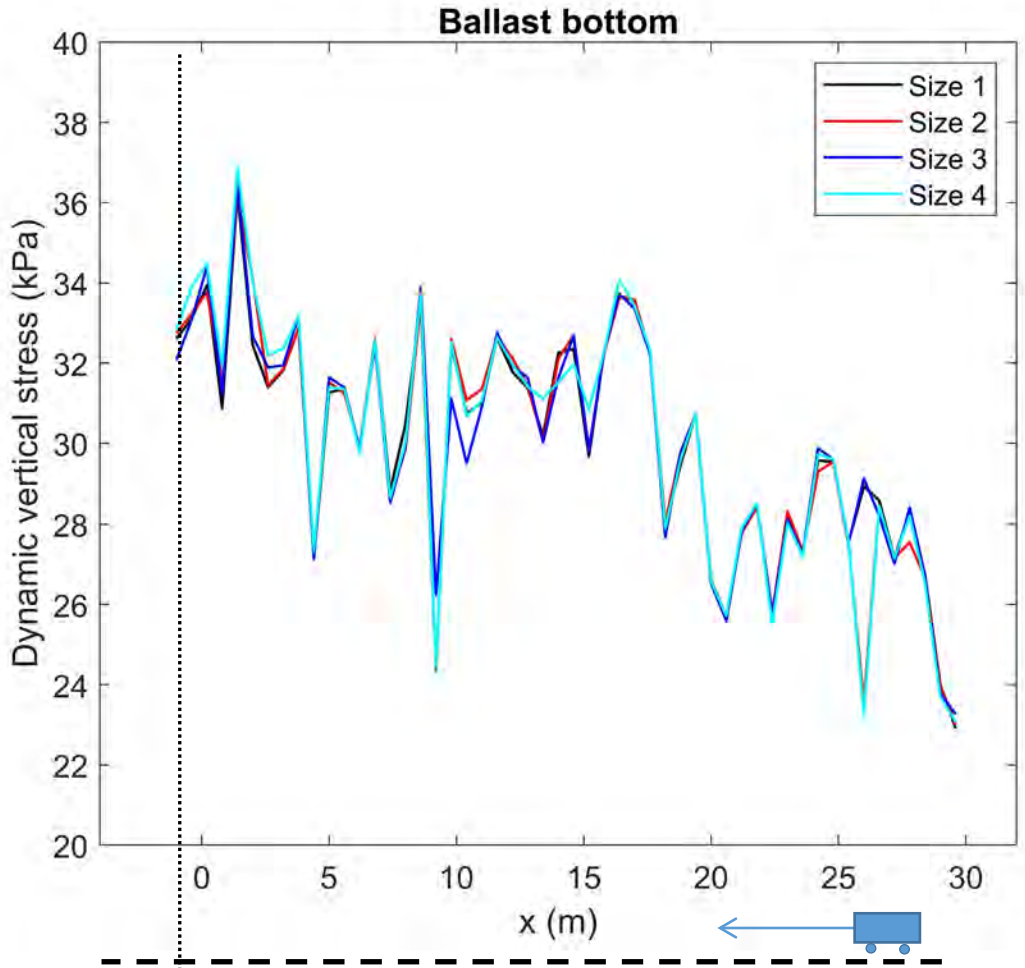
Impact of culvert size

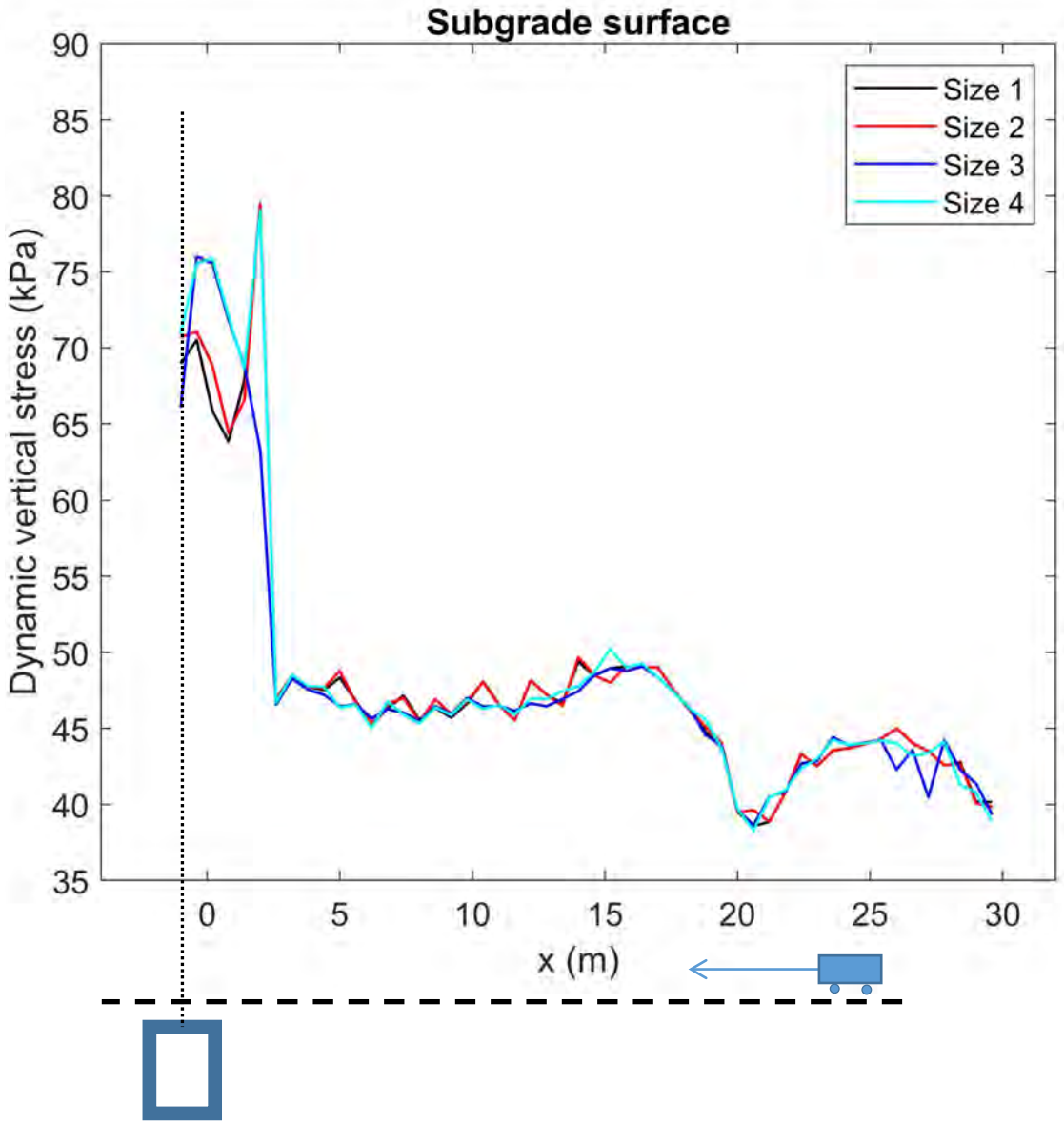


Series	Size: H x W (mm x mm)	Thickness mm
Size 1	900 x 600	100
Size 2	1800 x 1200	175
Size 3	2400 x 1800	200
Size 4	3600 x 2400	300

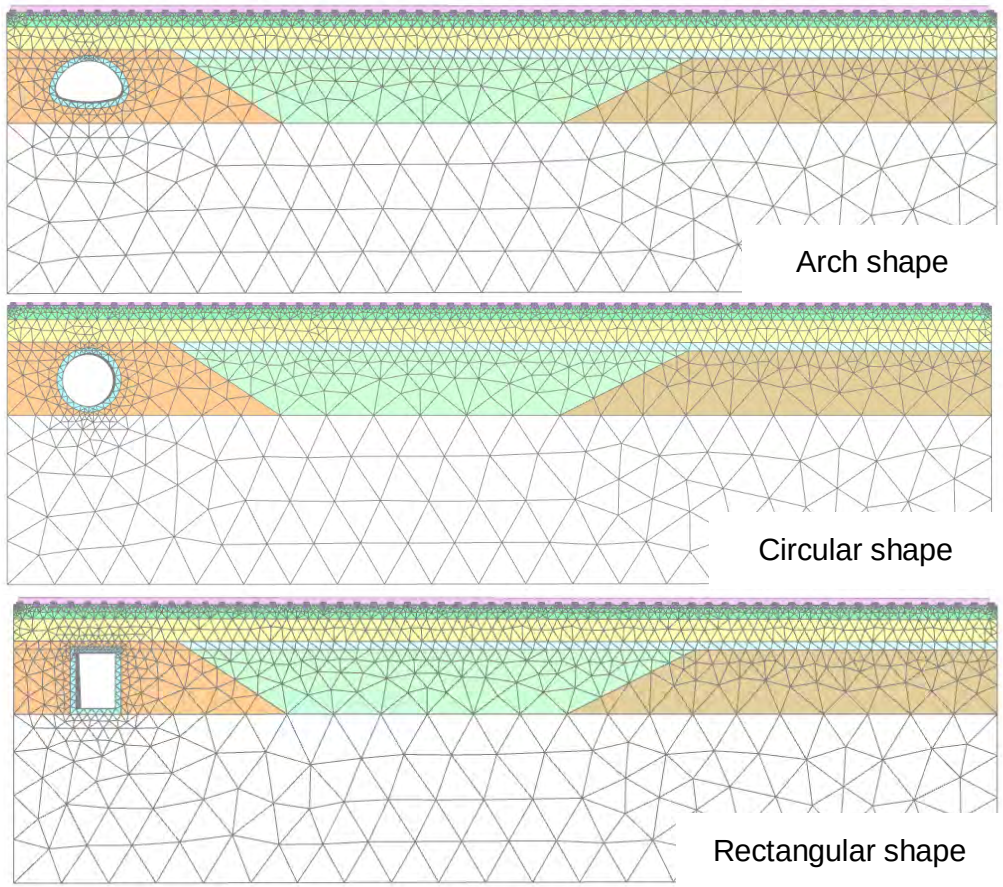


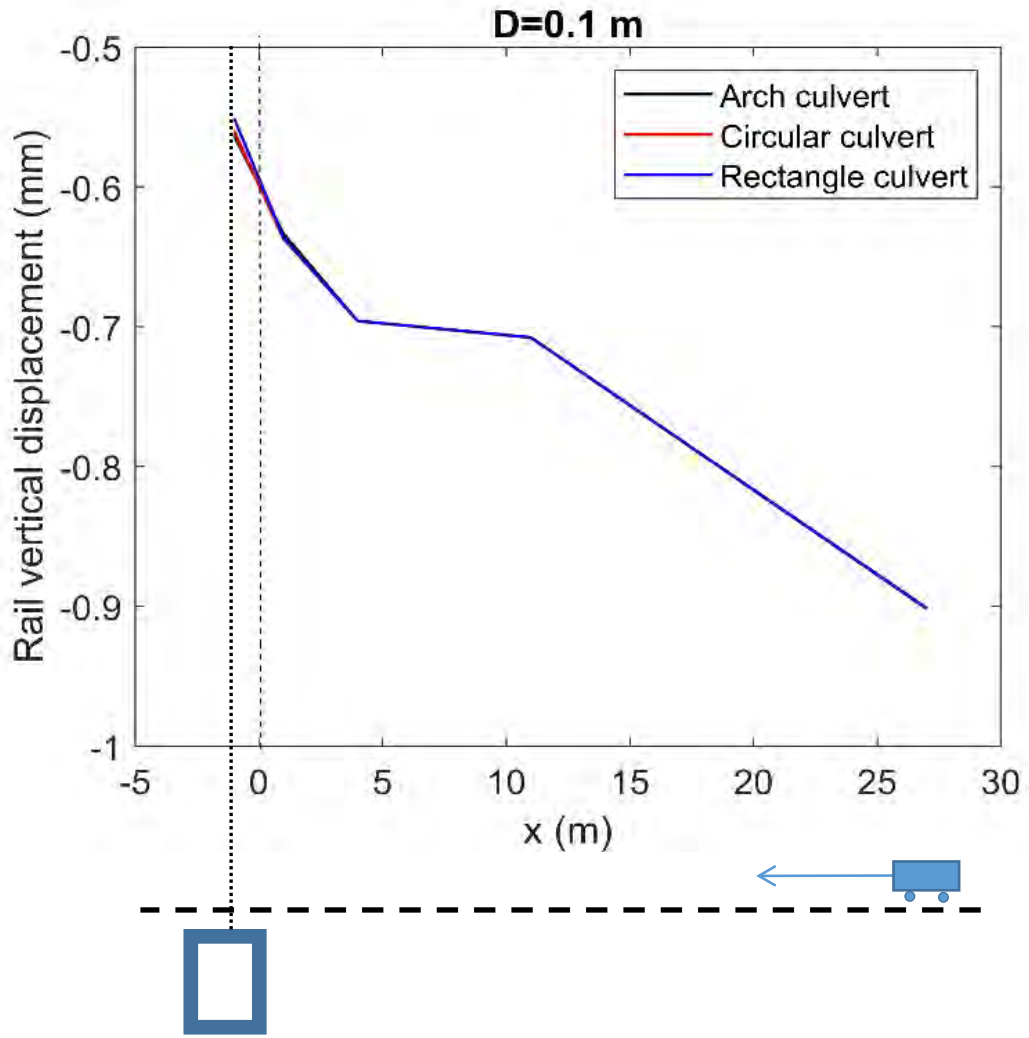
Impact of Culvert size



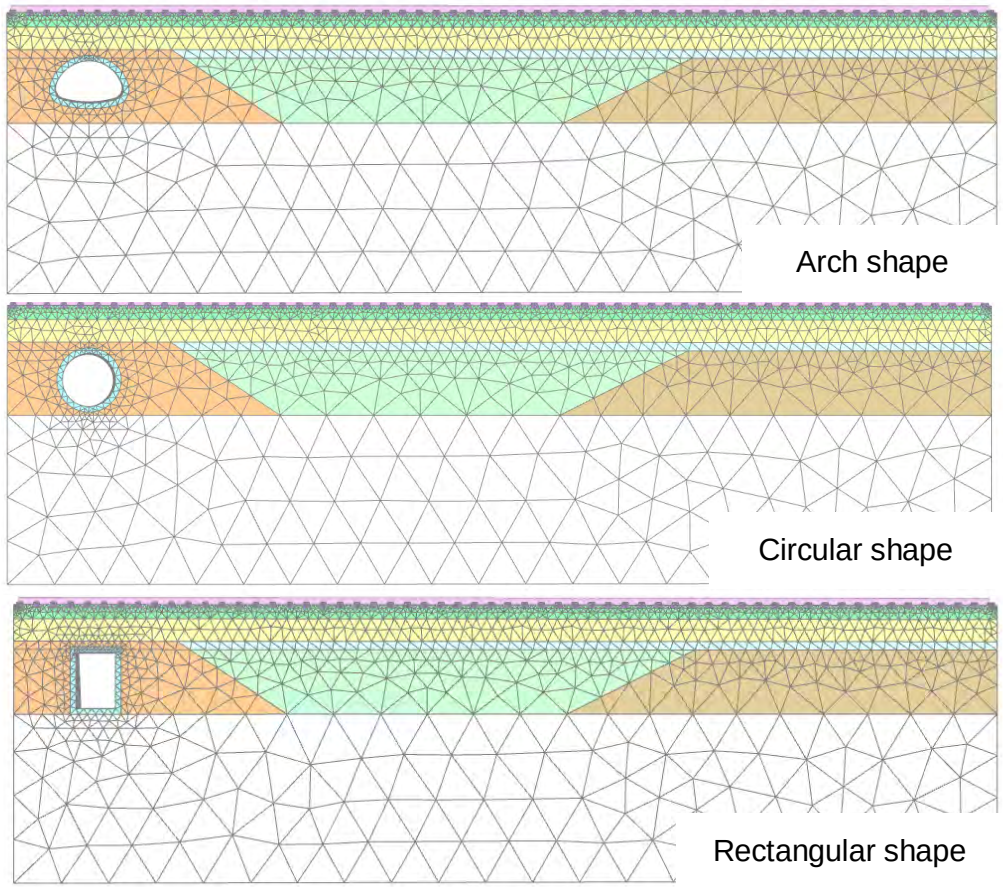


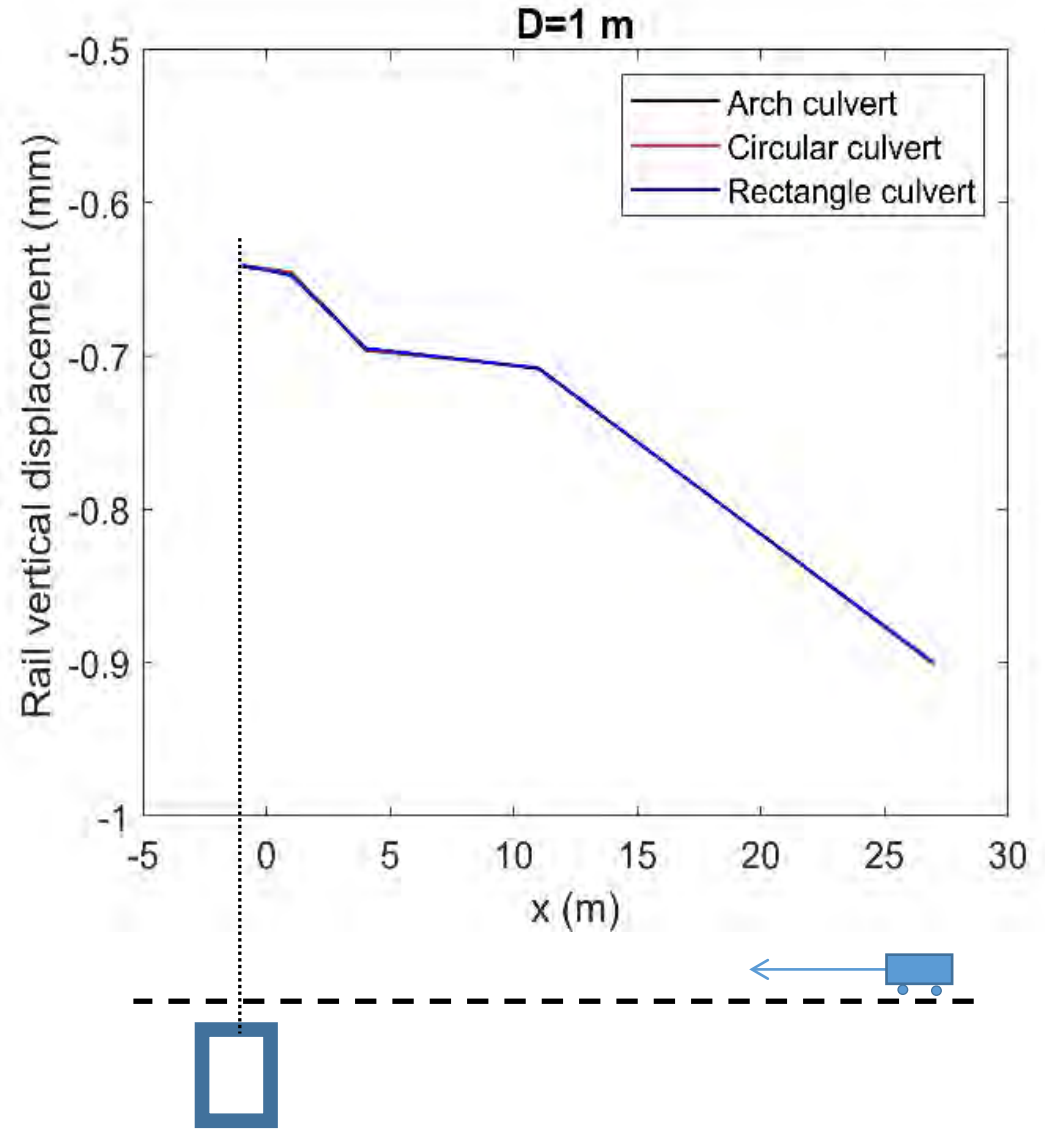
Impact of Culvert shape



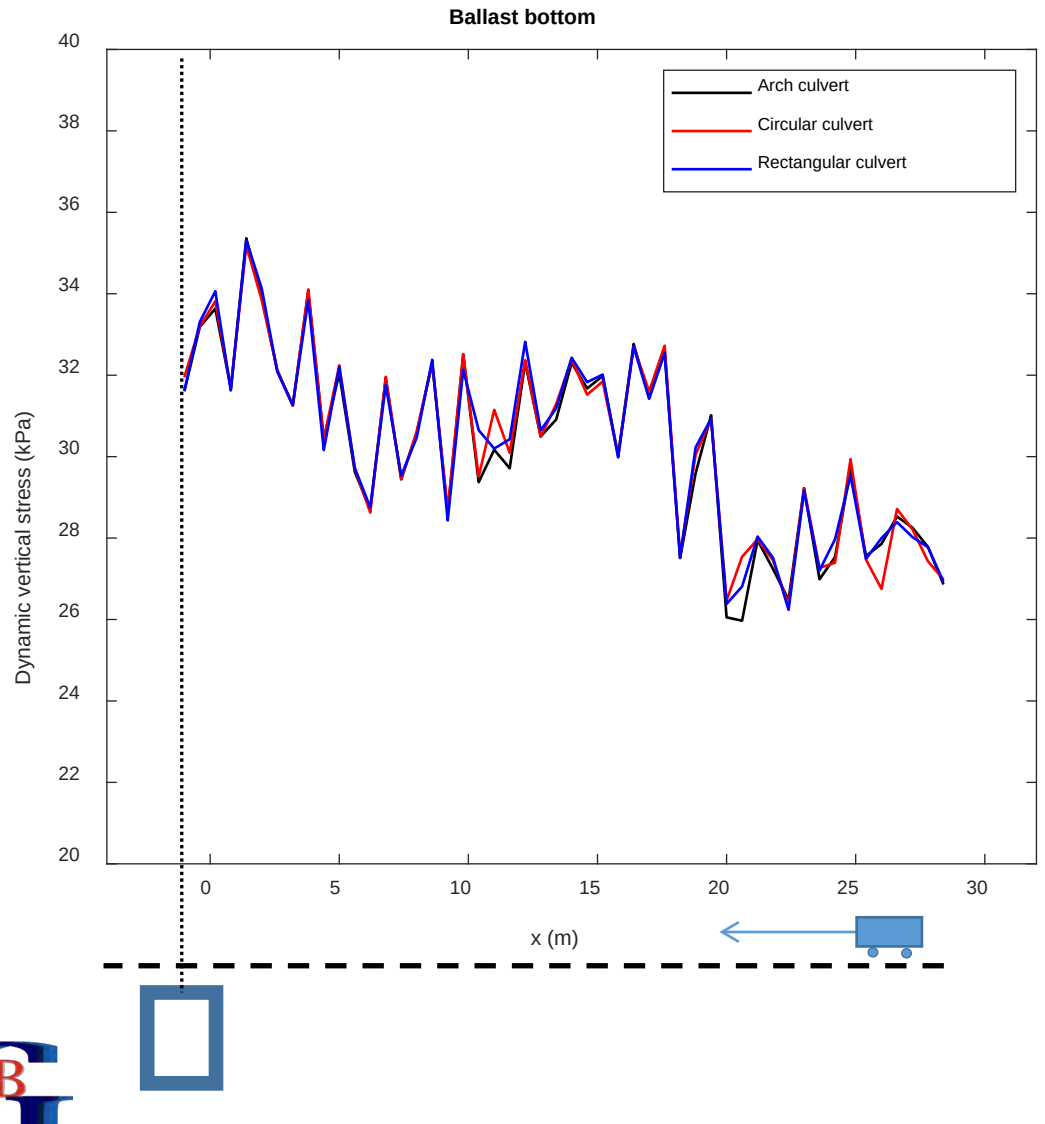


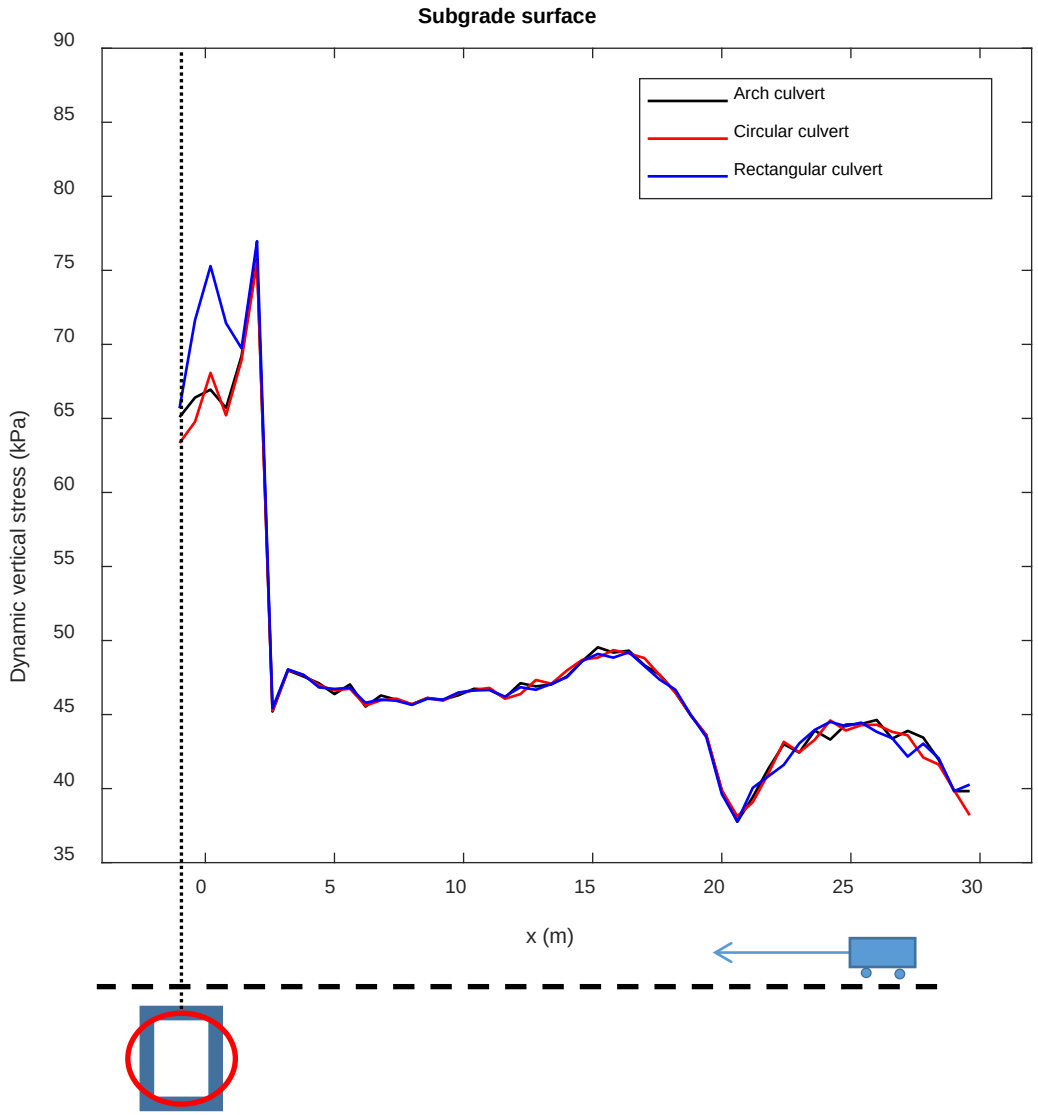
Impact of Culvert shape





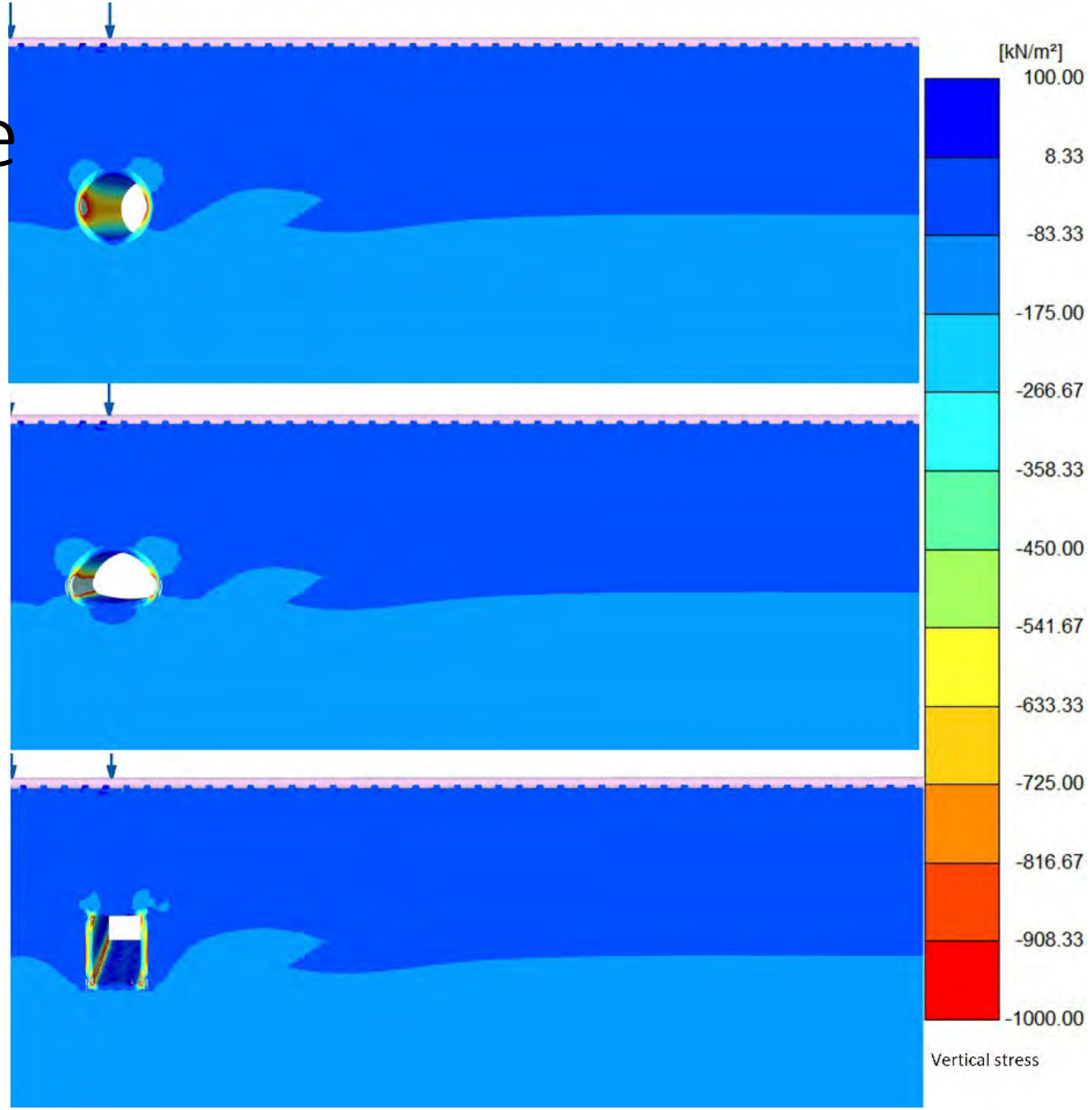
Impact of Culvert shape



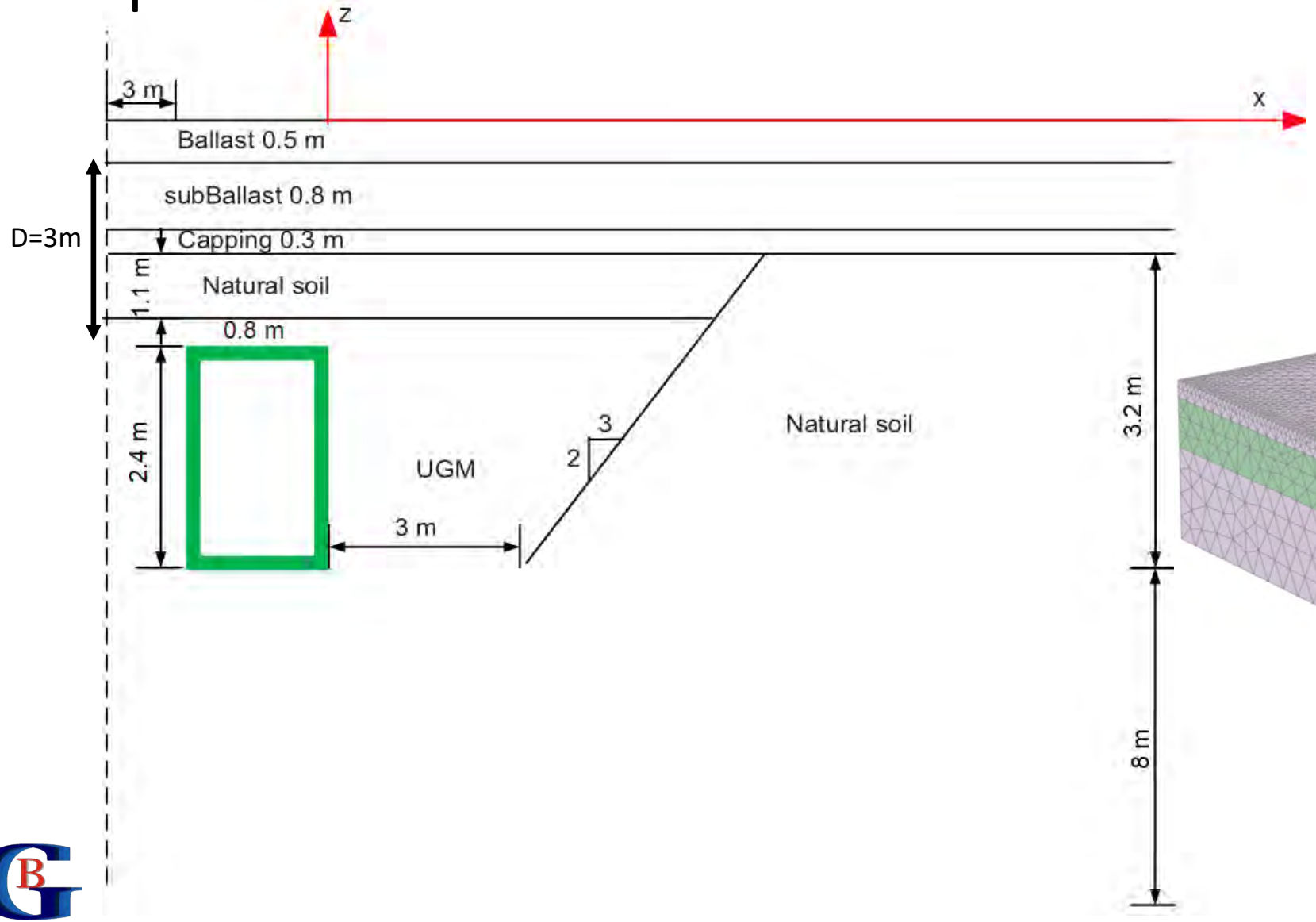


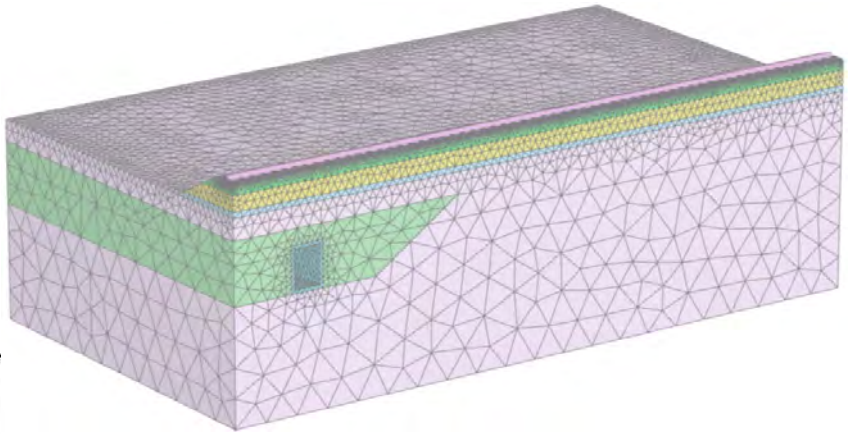
Impact of Culvert shape

Dynamic Vertical Stress Distribution

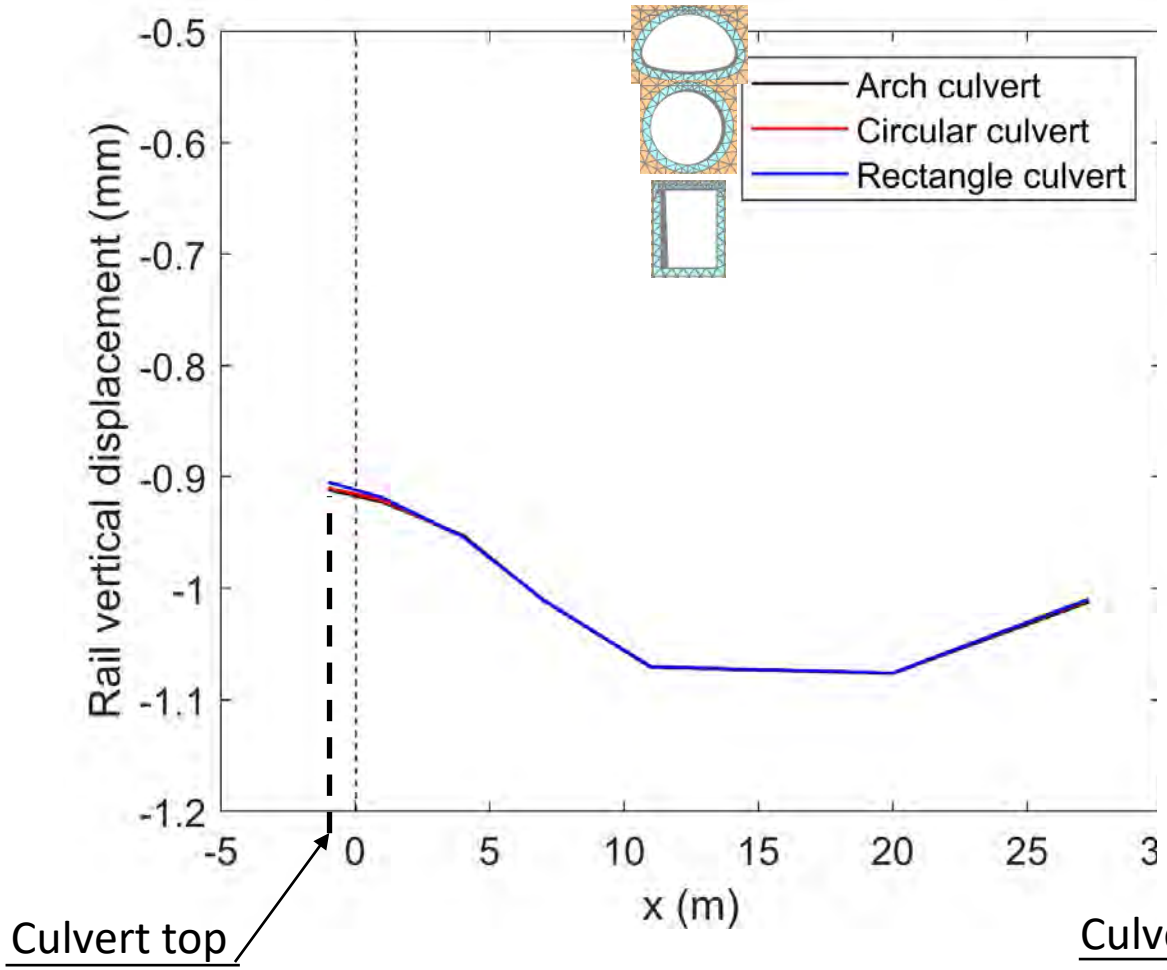


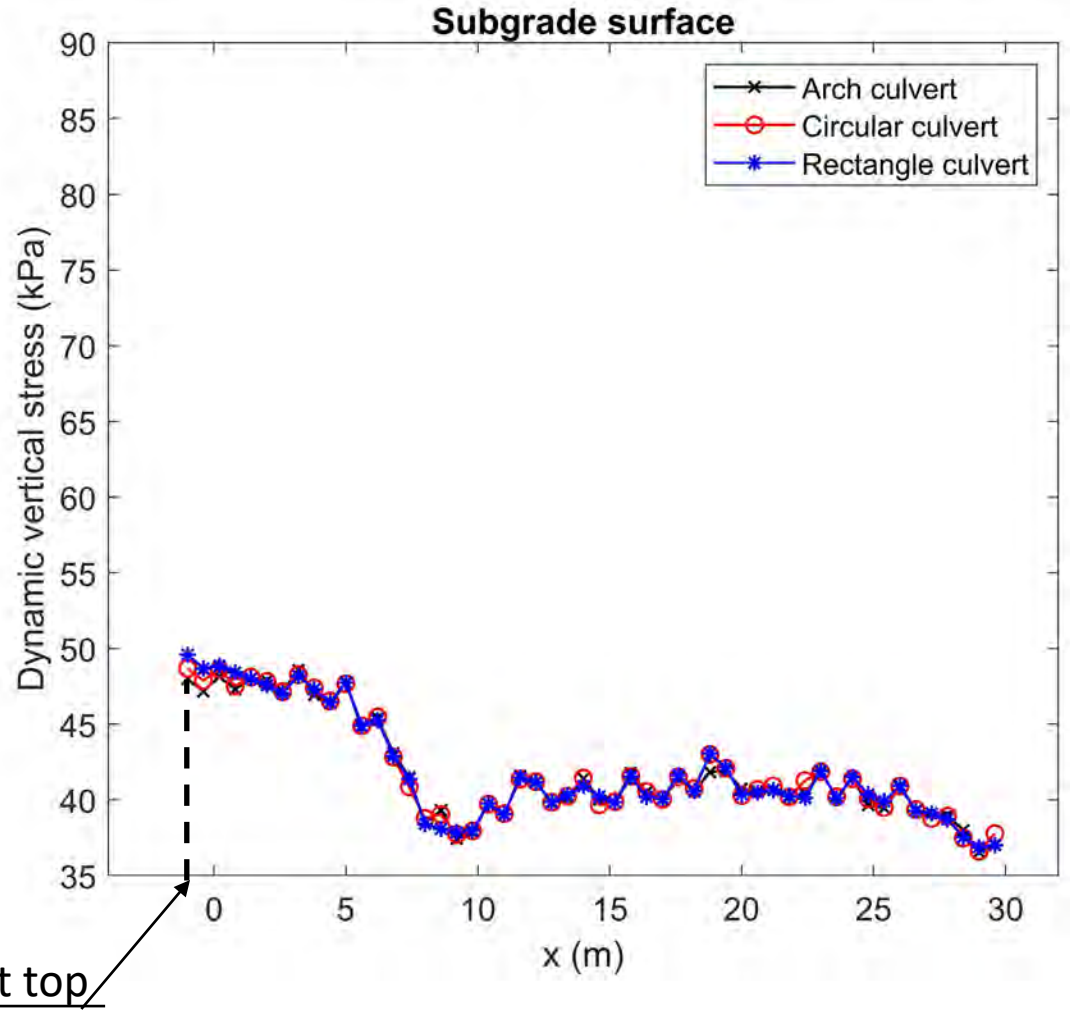
Deep culvert



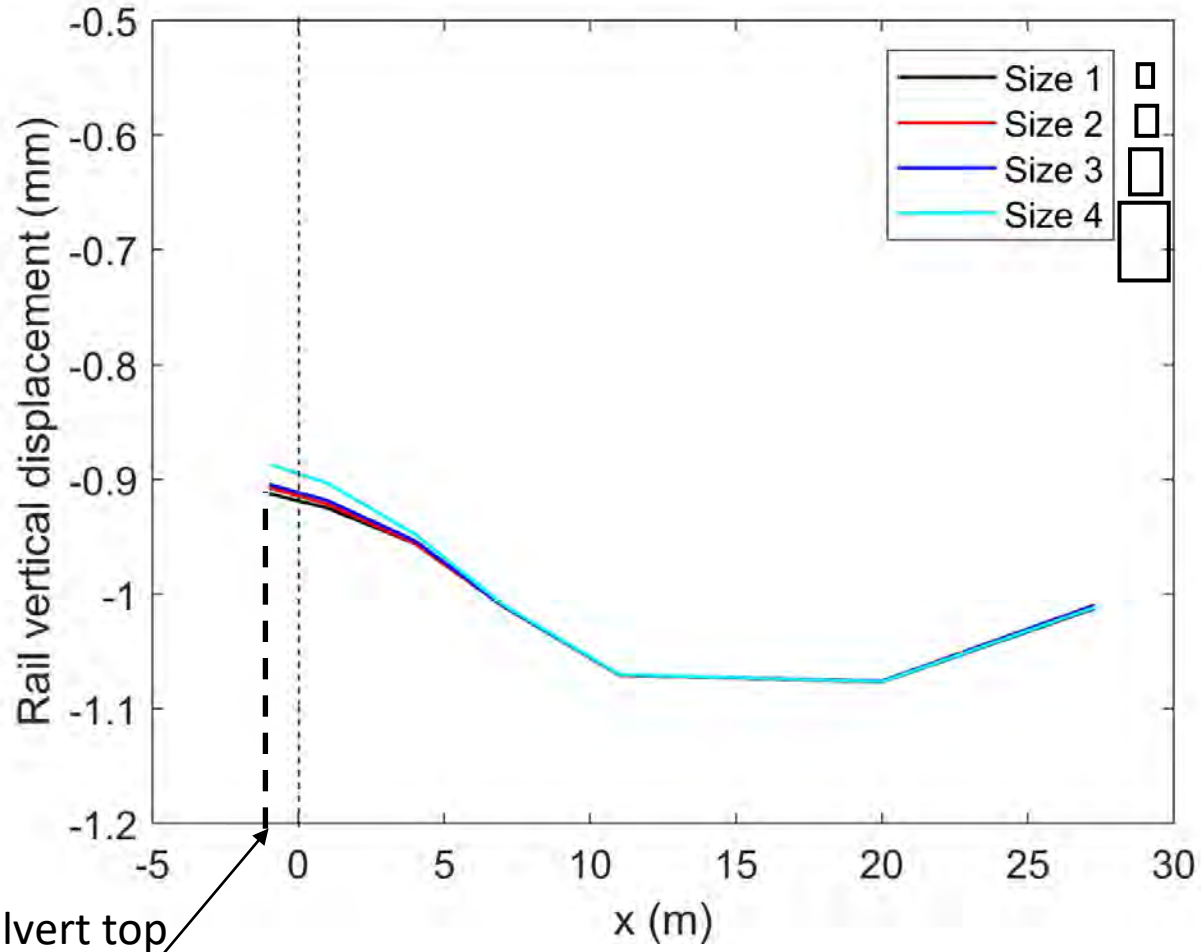


Impact of culvert shape

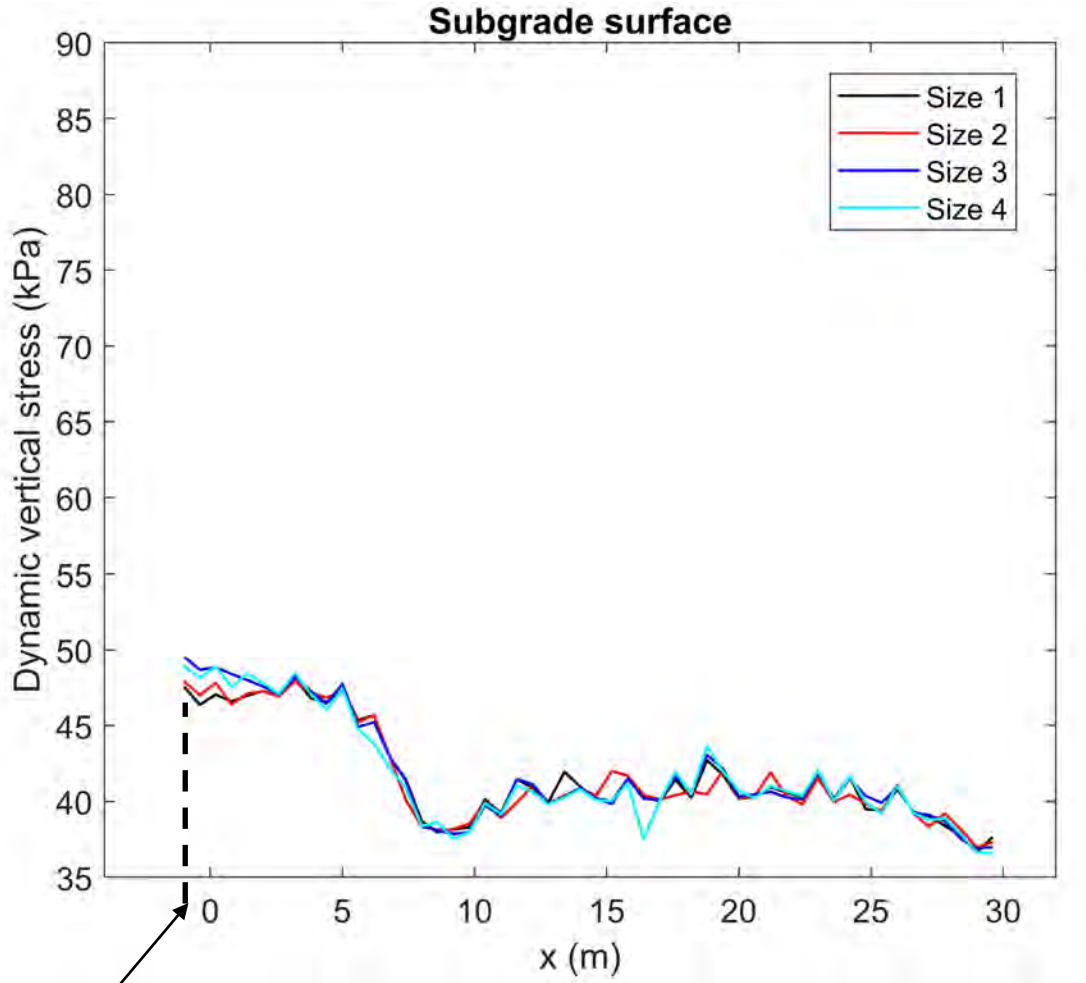




Impact of culvert size



Culvert top



Culvert top

Summary

- Culvert foundation plays minimal role on rail displacements and dynamic stress
- Culvert depth is a very important factor to consider for transition zone behaviour. A shallower culvert results into even stiffer structure and large dynamic stress in ballasts.
- Culvert size is increased four times but its influence is negligible for rail displacement whereas a slight increase in dynamic stresses is found with culvert size
- Arch, circular and rectangle shapes are considered for culvert shape. The impact of shapes is minimal.
- Deep culvert structures are studied with depth=3m to the ballast layer. The role of the culvert is insignificant to the dynamic response of the rail so simpler configuration may be considered.

Limits

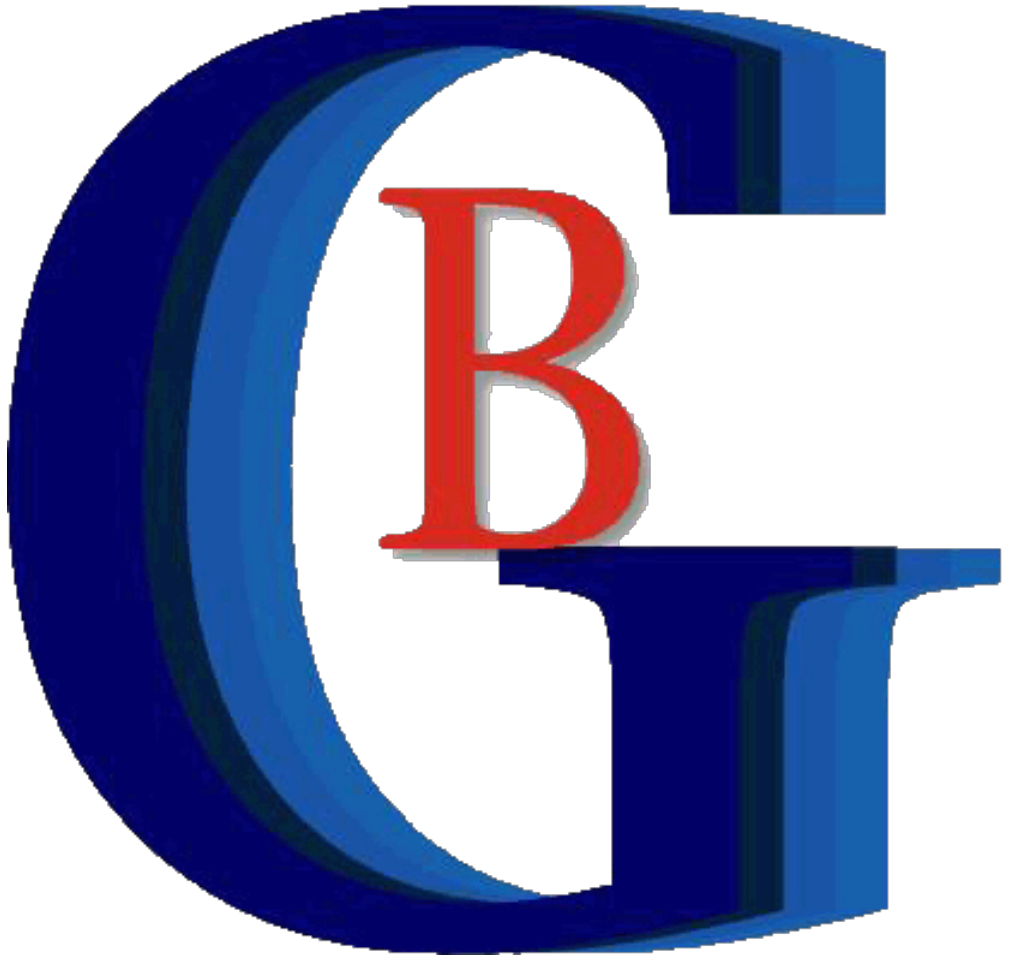
More transition configurations and parameters can give more comprehensive opinion

Short-term and linear elastic dynamic behaviour are considered. Stress data can be used with settlement models for long-term track behaviour.

Limits from the method, plaxis:

- Moving forces are used to represent train loads
- Slow data processing in dynamic module where thousands of calculation steps are used.
- Small objects such as rail pads and sleepers can be simplified as springs and dampers to speed up calculations.
- Lesson learned: a clean loading setup in dynamic calculation phase.

Tack!



TRAFIKVERKET

TRAFIKVERKET

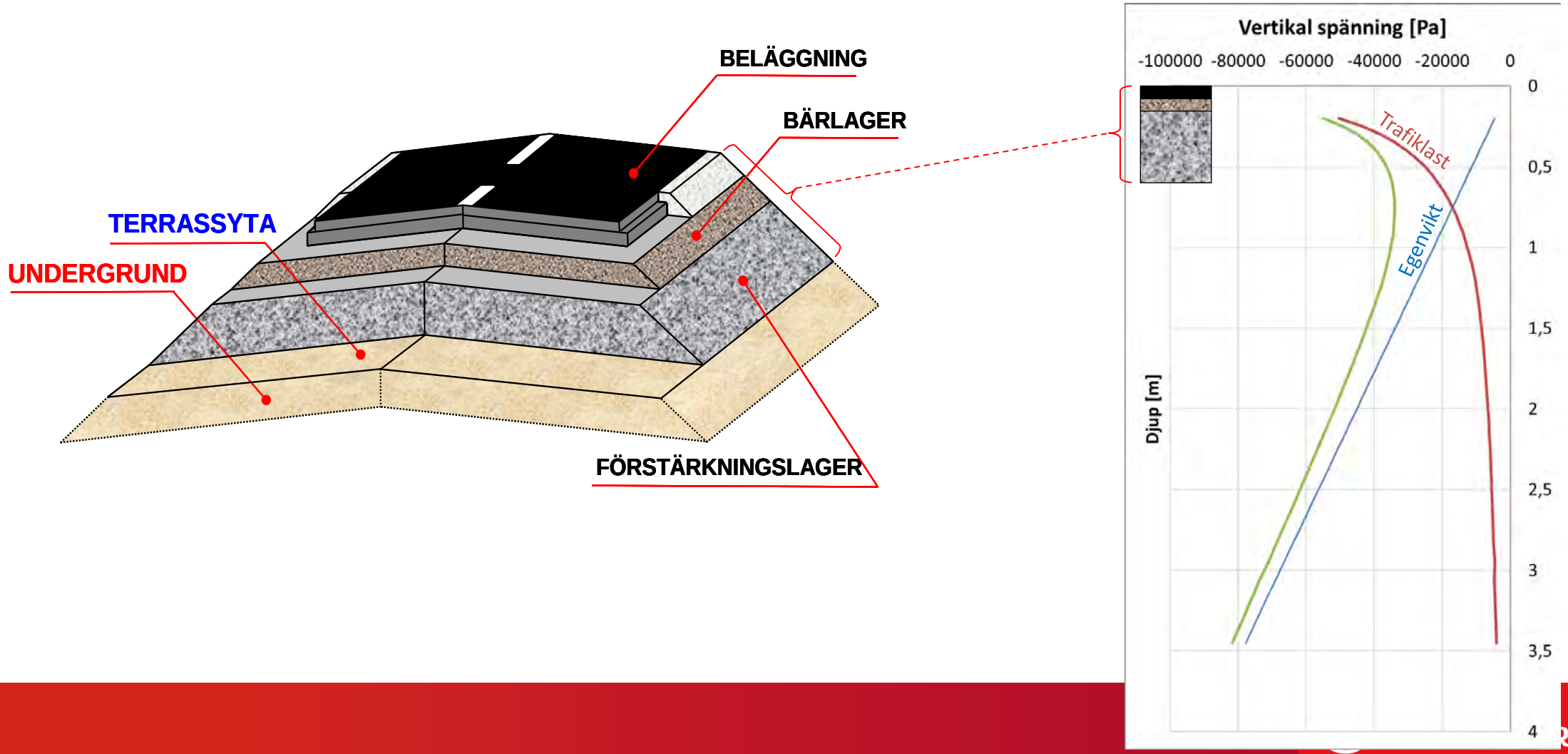
Ämnet Vägteknik

TRAFIKVERKET

Olika tolkningar av begreppet vägteknik

- I Trafikverket oftast:
  - Dimensionering och byggande av vägkonstruktioner, inklusive i terrass så långt trafiklast och tjäle inverkar
  - Plus vägbeläggningar
  - Plus dränering av vägkonstruktioner
- I vidare mening kan ingå tekniska aspekter på (i likhet med järnvägsteknik…):
  - Drift och underhåll av vägar
  - Utformning av vägar
  - Vägutrustning

Vägens överbyggnad



TRAFIKVERKET

BVFF i backspegeln
och
vägen framåt med Kompetenscentrum Vägteknik

Robert Karlsson

TRAFIKVERKET

BVFF historik

- Bildades 2011 efter ca två års planering med Trafikverket, VTI och KTH som parter
- Branschgemensam satsning på forskning och innovation
  - Kompetensuppbyggnad
  - Forskningsagenda
  - Kritiska resurser / utrustning
- Fem programområden
  - Energi- och resurseffektiv infrastruktur
  - Robust och tillförlitlig infrastruktur
  - Mer nytta för pengarna
  - Bättre trafikmiljö i storstäder
  - Arbetsmiljö och säkerhet

BVFF
Bana väg för framtiden

TRAFIKVERKET

BVFF historik

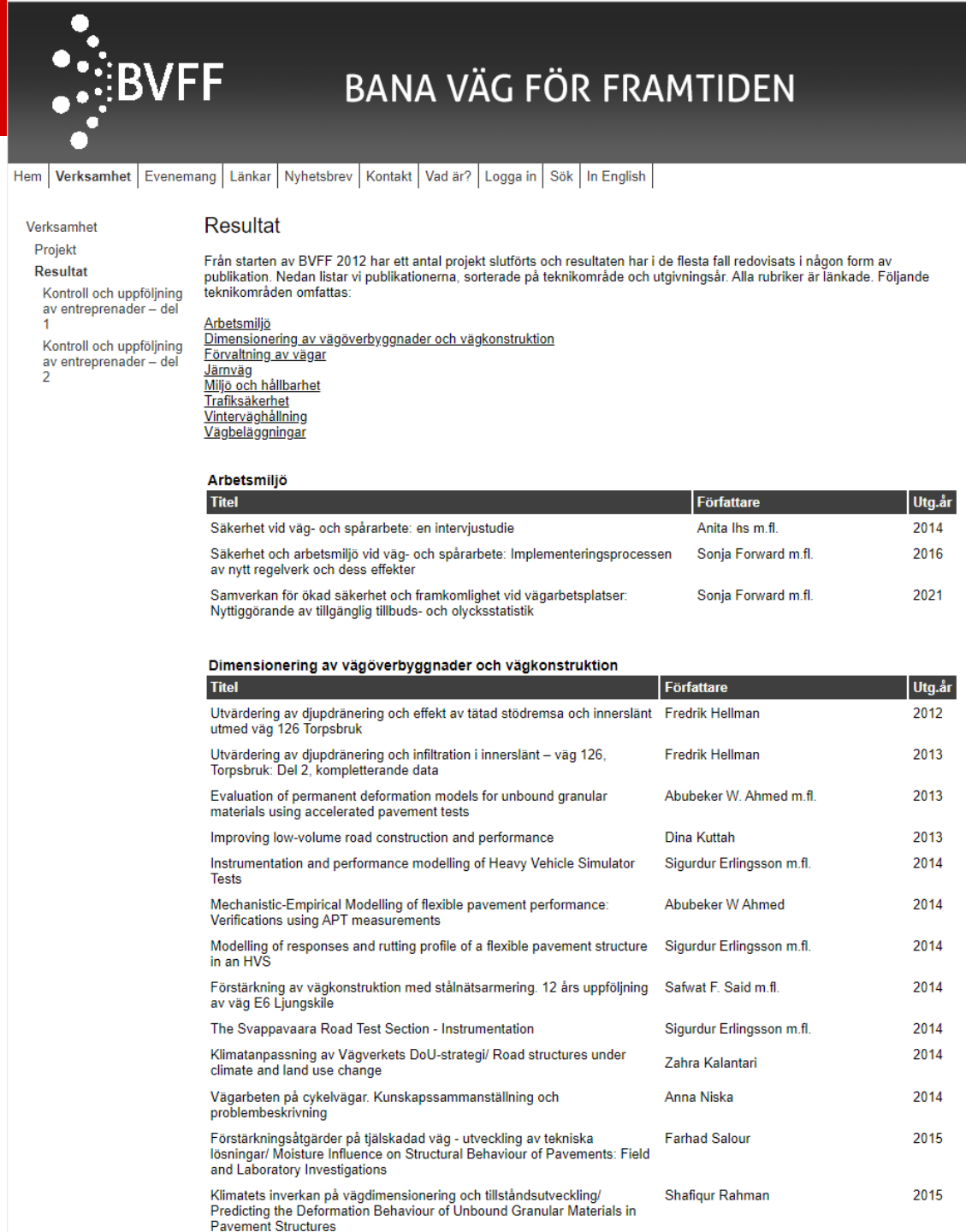
- …
- 2014 och 2017 reviderades BVFF
  - Projektkategorier:
    - Traditionella forskningsprojekt
    - Projekt tillsammans med industrin med tydliga planer för implementering
    - Styrelseinitierade projekt
  - Programområdena slopades
- InfraSweden bildades



TRAFIKVERKET

BVFF – success story

- Mycket hög kvalité i forskningsresultat
- God spridning av resultat
- Besök bvff.se (/verksamhet/resultat) men – flyttas inom kort.
  Se särskilt projektlistorna inom:
  - Arbetsmiljö
  - Dimensionering av vägöverbyggnader och vägkonstruktion
  - Förvaltning av vägar
  - Järnväg (banunderbyggnader)
  - Miljö och hållbarhet
  - Trafiksäkerhet
  - Vinterväghållning
  - Vägbeläggningar



BVFF BANA VÄG FÖR FRAMTIDEN

Hem | Verksamhet | Evenemang | Länkar | Nyhetsbrev | Kontakt | Vad är? | Logga in | Sök | In English

Verksamhet
Projekt
Resultat
Kontroll och uppföljning av entreprenader – del 1
Kontroll och uppföljning av entreprenader – del 2

Resultat

Från starten av BVFF 2012 har ett antal projekt slutförts och resultaten har i de flesta fall redovisats i någon form av publikation. Nedan listar vi publikationerna, sorterade på teknikområde och utgivningsår. Alla rubriker är länkade. Följande teknikområden omfattas:

Arbetsmiljö
Dimensionering av vägöverbyggnader och vägkonstruktion
Förvaltning av vägar
Järnväg
Miljö och hållbarhet
Trafiksäkerhet
Vinterväghållning
Vägbeläggningar

Arbetsmiljö

Titel	Författare	Utg.år
Säkerhet vid väg- och spårarbete: en intervjustudie	Anita Ihs m.fl.	2014
Säkerhet och arbetsmiljö vid väg- och spårarbete: Implementeringsprocessen av nytt regelverk och dess effekter	Sonja Forward m.fl.	2016
Samverkan för ökad säkerhet och framkomlighet vid vägarbetsplatser: Nyttiggörande av tillgänglig tillbuds- och olycksstatistik	Sonja Forward m.fl.	2021

Dimensionering av vägöverbyggnader och vägkonstruktion

Titel	Författare	Utg.år
Utvärdering av djupdränering och effekt av tätad stödremsa och innerslänt utmed väg 126 Torpsbruk	Fredrik Hellman	2012
Utvärdering av djupdränering och infiltration i innerslänt – väg 126, Torpsbruk: Del 2, kompletterande data	Fredrik Hellman	2013
Evaluation of permanent deformation models for unbound granular materials using accelerated pavement tests	Abubeker W. Ahmed m.fl.	2013
Improving low-volume road construction and performance	Dina Kuttah	2013
Instrumentation and performance modelling of Heavy Vehicle Simulator Tests	Sigurdur Erlingsson m.fl.	2014
Mechanistic-Empirical Modelling of flexible pavement performance: Verifications using APT measurements	Abubeker W Ahmed	2014
Modelling of responses and rutting profile of a flexible pavement structure in an HVS	Sigurdur Erlingsson m.fl.	2014
Förstärkning av vägkonstruktion med stålnätsarmering. 12 års uppföljning av väg E6 Ljungskile	Safwat F. Said m.fl.	2014
The Svappavaara Road Test Section - Instrumentation	Sigurdur Erlingsson m.fl.	2014
Klimatanpassning av Vägverkets DoU-strategi/ Road structures under climate and land use change	Zahra Kalantari	2014
Vägarbeten på cykelvägar. Kunskapssammanställning och problembeskrivning	Anna Niska	2014
Förstärkningsåtgärder på tjälskadad väg - utveckling av tekniska lösningar/ Moisture Influence on Structural Behaviour of Pavements: Field and Laboratory Investigations	Farhad Salour	2015
Klimatets inverkan på vägdimensionering och tillståndsutveckling/ Predicting the Deformation Behaviour of Unbound Granular Materials in Pavement Structures	Shafiqur Rahman	2015

TRAFIKVERKET

Förväntningar och förändringstryck

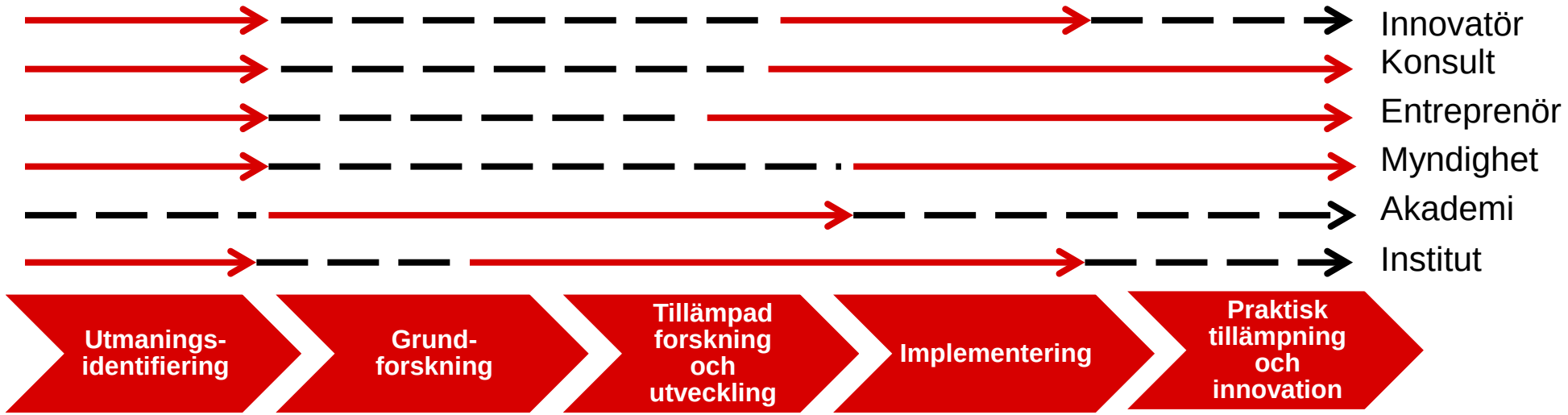
- Utvärdering av BVFF 2019
  - \+ Starka forskningsmiljöer har etablerats
  - – Svårt att nå hela vägen till innovation
  - – Tydligare styrning behövs och oklar legal grund för nya parter
  - – Ökad samverkan med andra
- Att implementera är mycket krävande!!!
- Öka fokus på kompetensutveckling, dvs. doktorandprojekt och högskolemedverkan



TRAFIKVERKET

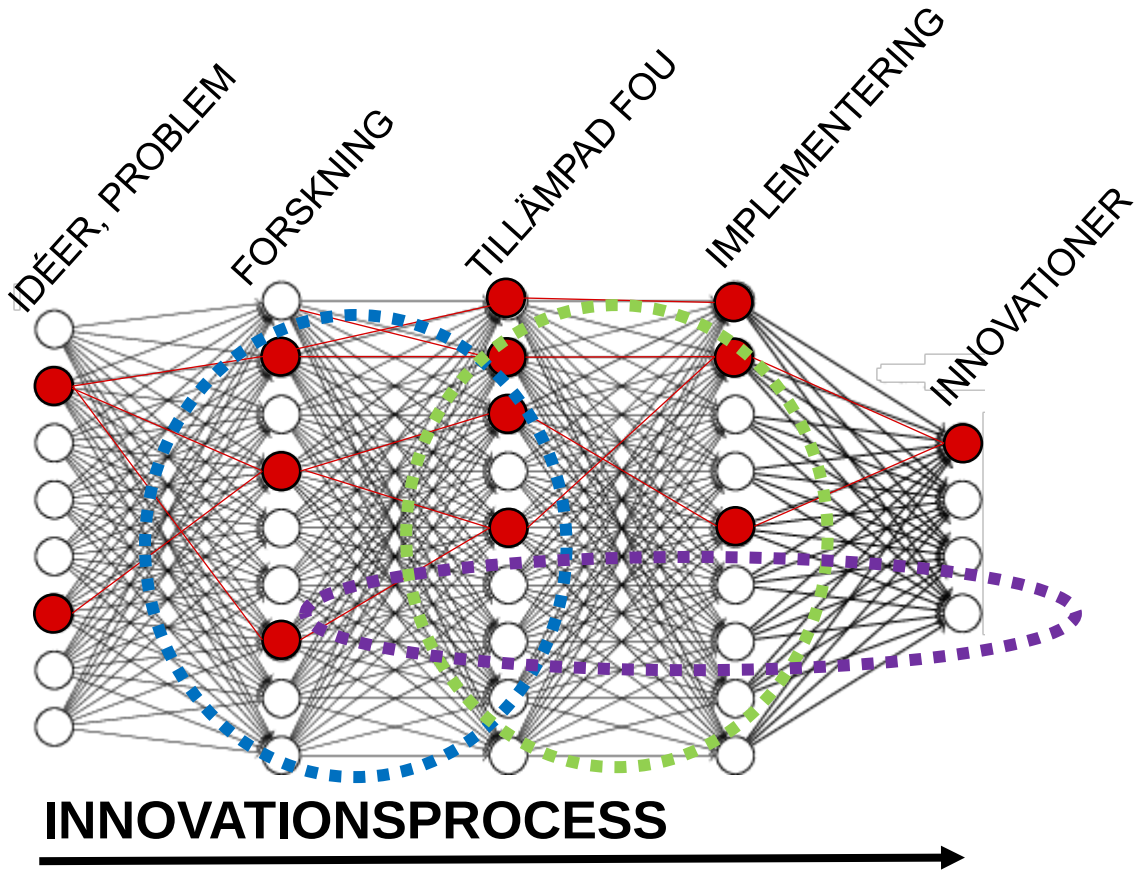
Hur uppstår innovationer?

- BVFF avsåg omfamna hela innovationsprocessen



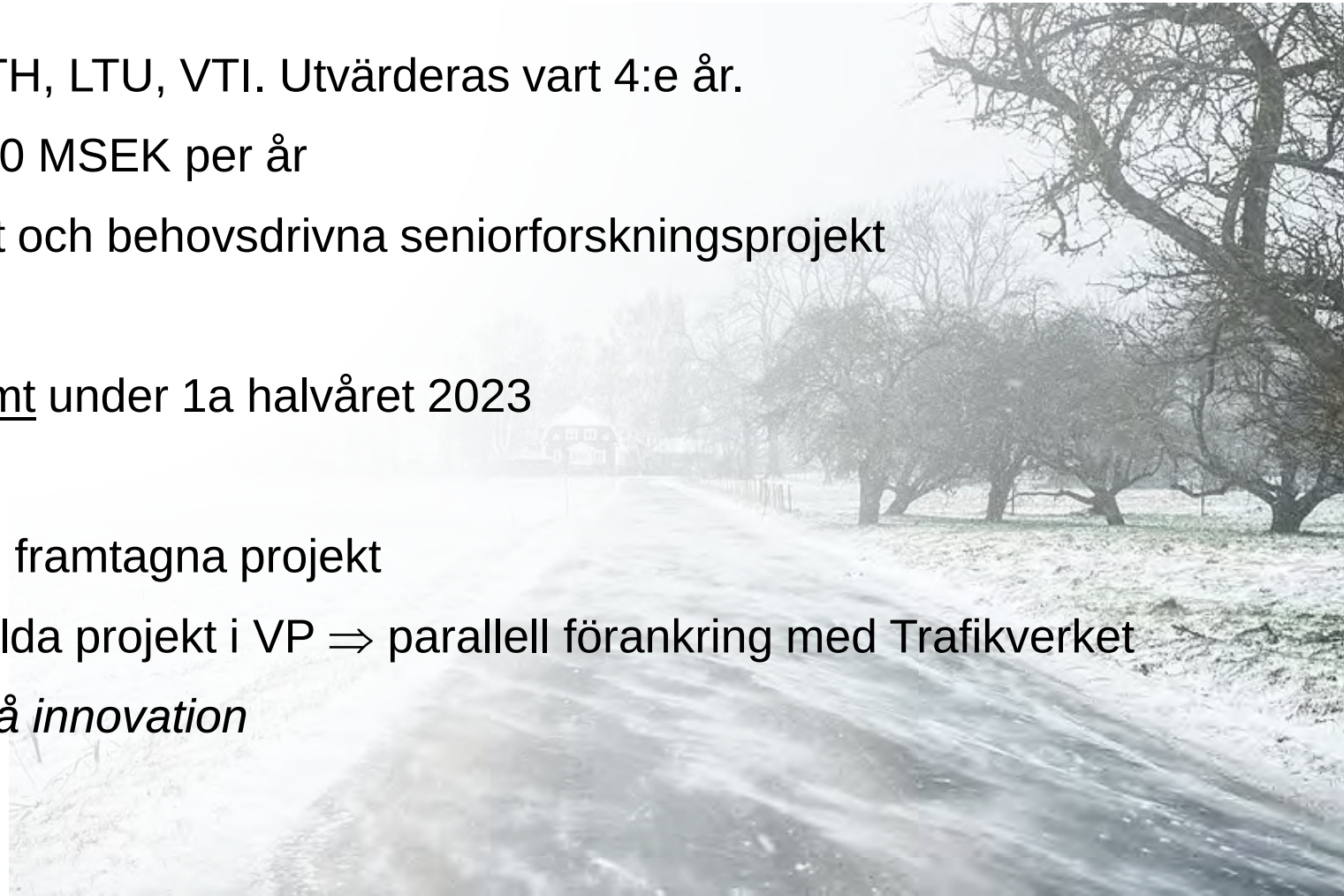
TRAFIKVERKET

Innovationer behöver grundläggas och stödjas av ”*Utvecklingens ekosystem*”



TRAFIKVERKET

Kompetenscentrum Vägteknik i korthet



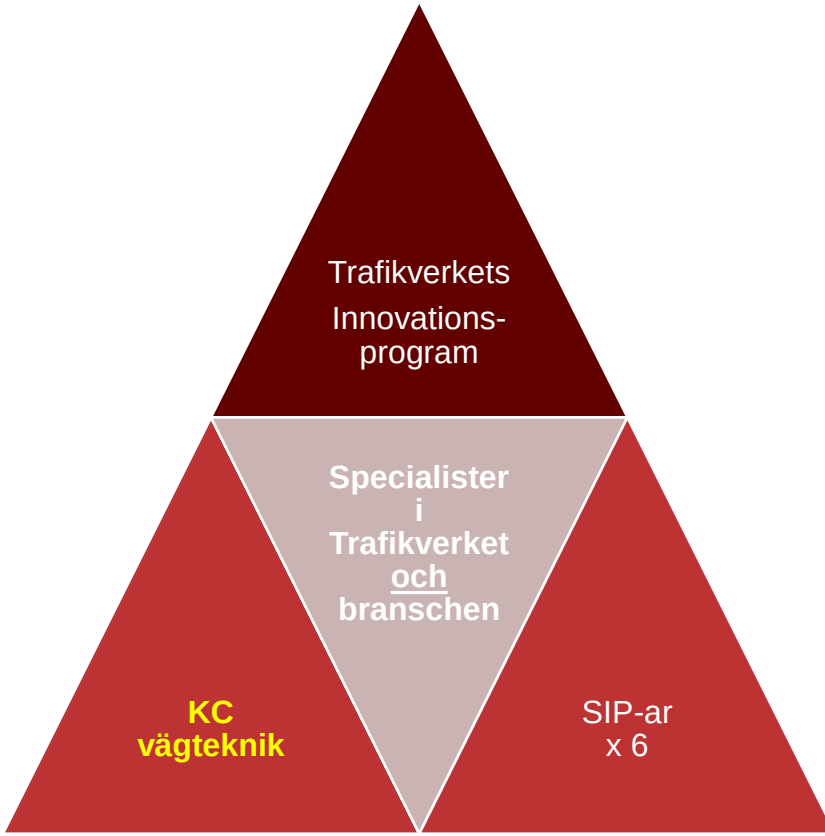
- 12 årigt centrum på LTH, KTH, CTH, LTU, VTI. Utvärderas vart 4:e år.
- Start 1 januari 2023 med upp till 40 MSEK per år
- Både långsiktiga doktorandprojekt och behovsdrivna seniorforskningsprojekt
- Forskarskola och utbildningsråd
- Arbetsformer utvecklas gemensamt under 1a halvåret 2023
- Gemensamt inriktningsprogram
- Drivs enligt verksamhetsplan med framtagna projekt
- Trafikverket fattar beslut om enskilda projekt i VP ⇒ parallell förankring med Trafikverket
- *KC kräver ytterligare satsningar på innovation*

TRAFIKVERKET

Ekosystem för vägteknisk forskning och utveckling

- Branschgrupper & internationella samarbeten (pengar & kompetens)
- Basen utgörs av nationellt KC och SIP-ar
  - Kompetenscentrum för vägteknik (*KC vägteknik*)
  - Strategiska innovationsprogram (minst 6 stycken relevanta *SIP-ar*)
- Toppen utgörs av innovationsprogram
  - *Ny teknik + nya affärsupplägg + förändrade arbetssätt* handlas upp, demonstreras och implementeras
  - Tar vid där KC och SIP slutar
  - Två exempel: *Digital vinter & uppkopplade vägytemätningar,* samt *Tvärförbindelse Södertörn*
- Kittet utgörs av Trafikverkets och branschens specialister
  - Nya krav, förändrade affärer, ökad kompetens = implementering

Bransch/metod-grupper.
Standardisering.
Internationella samarbeten:
EU, Nord-FoU mm.



Pågående projekt och inriktning

TRAFIKVERKET

Två inriktningsdokument för FOI

- FoI-inriktning Beläggning (2016), länk?
- Forskning- och innovationsinriktning för vägkropp/vägkonstruktion (2021), länk

Plus:

- Verksamhetsnära utvecklingsplaner
- Trafikverkets forsknings- och innovationsplan

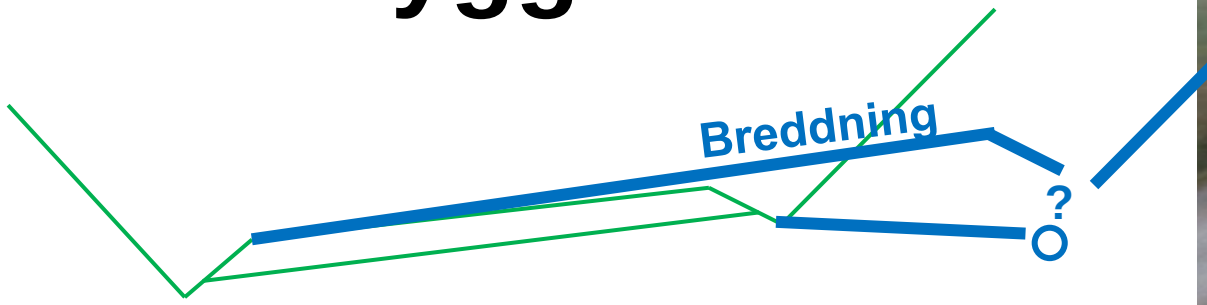
TRAFIKVERKET

Utmaningar med koppling till geoteknik

- Masshantering
- Obundna lager (bär- och förstärkningslager samt skyddslager)
- Terrass
- Packning

- Dimensionering av vägöverbyggnader/vägkropp (ERAPave)
- Utmaningar kring breddning och befintliga vägar, t.ex. vid ombyggnad till 2+1-väg
- Enkla stigar och GC. Särskilt parallellt huvudväg.
- 74 ton lastbilar (och uppåt) samt mer ”spårbundna”

Ombyggnad





- Geometri (VGU)
- Avvattning
- Undergrund
- Befintlig vägkropp
- Miljö



TRAFIKVERKET

ERAPave

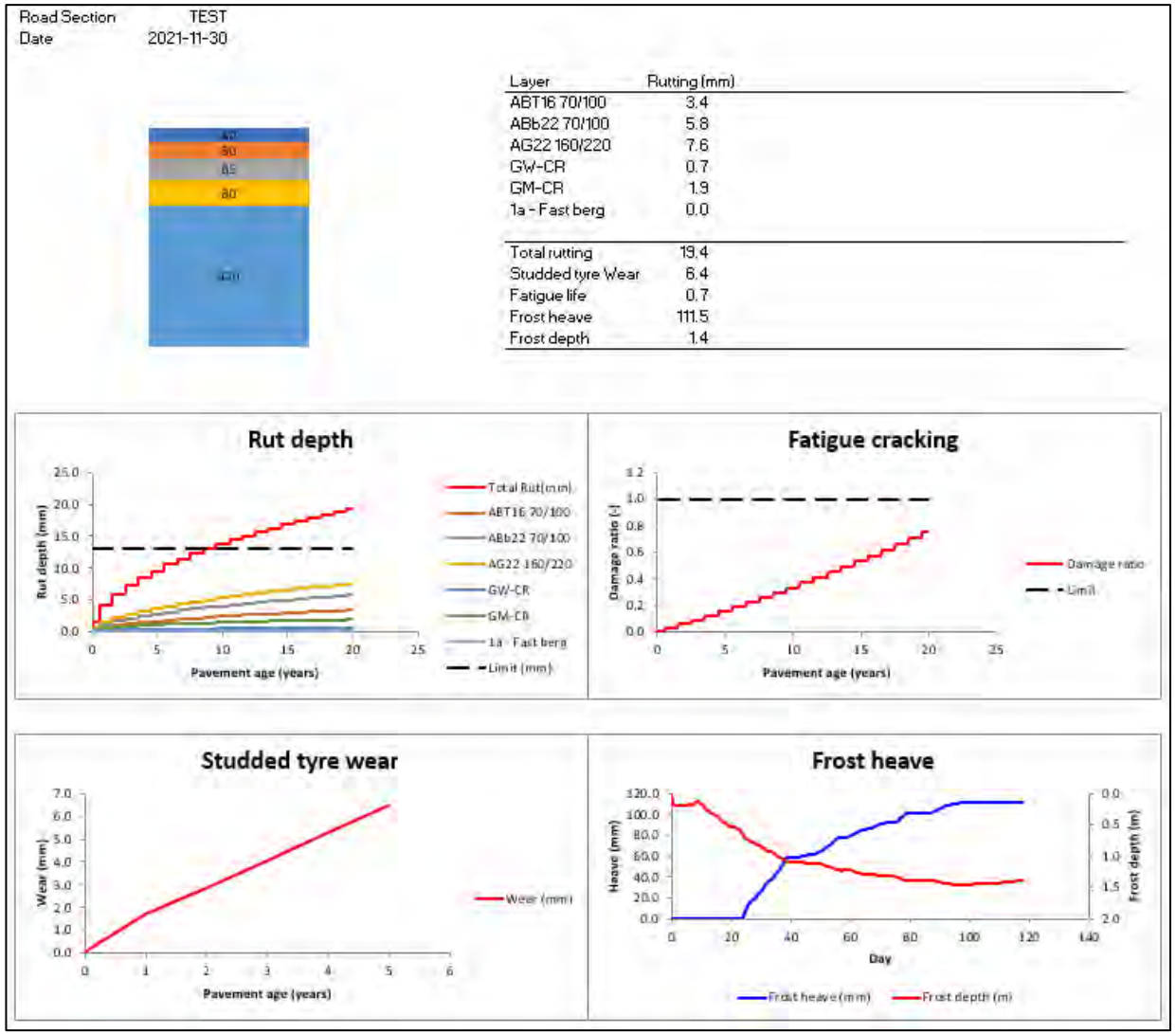
- Arbetsnamn på nytt dimensioneringssystem för vägöverbyggnader
- Ersätter PMS Objekt på sikt
- Ska synkas med TRVINFRA-00224 Överbyggnad väg
- Indata är:
  - Klimatdata (SMHI statistik)
  - Trafikdata, särskilt ÅDT tung trafik
  - Materialegenskaper och lagertjocklekar

TRAFIKVERKET

REPORT

Summary

- Input data
- Predicted damages
  - rutting and wear
  - fatigue
  - frost



vti

TRAFIKVERKET

PERFORMANCE MODELS - RUTTING

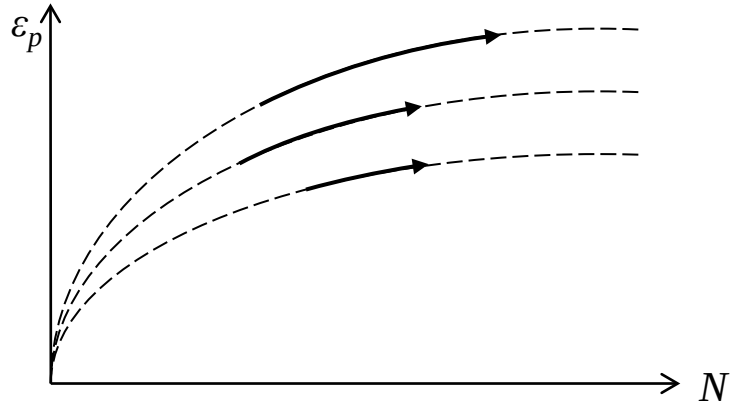
- Permanent deformation/rutting
  - Asphalt

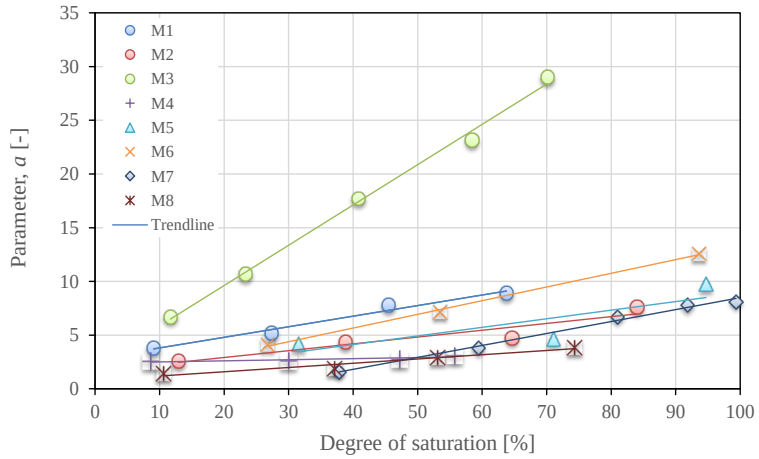
$$\varepsilon_p(N) = aT^b N^c \varepsilon_r$$

  - Unbound base/subbase/subgrade

$$\varepsilon_p = {}_aN^{b(\varepsilon_r)}\varepsilon_r$$

T	Temperature [°C]
S	Degree of saturation
ε_r	Elastic strain [m/m]
N	Number of load cycles
a, b, c	Model parameters

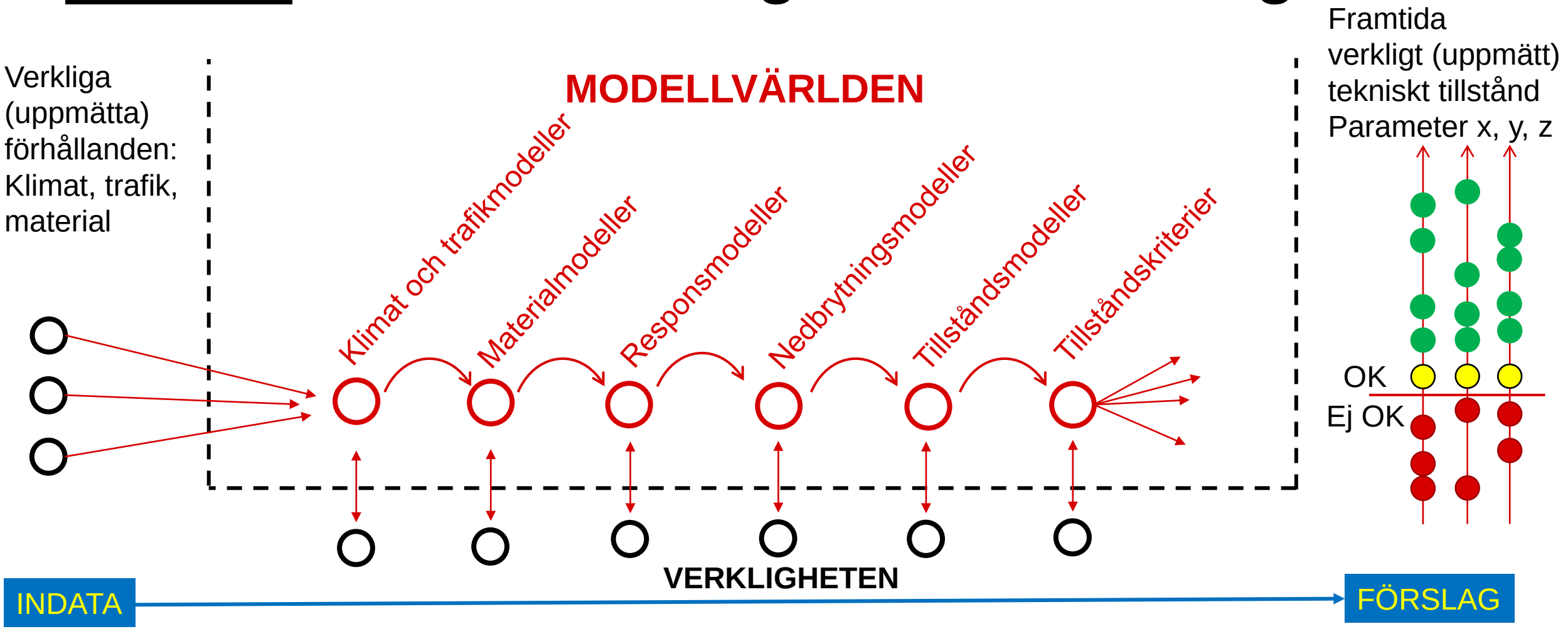




vti

TRAFIKVERKET

Princip för modellering och kalibrering



TRAFIKVERKET

Projekt som kan användas för ERAPave

- BVFF Deformationer i terrassmaterial under tung belastning
- BVFF ME dimensionering – Vidareutveckling av ERAPave PP
- BVFF Tillåtna lastnivåer i obundna bärlager från tung trafikbelastning
- BVFF Uppföljning av vägar som underlag för forskning om nedbrytning
- BVFF Utvärdering av påverkanszonen av VTI:s lätt fallvikt och sammanställning av LWD resultat för olika material i en design guideline
- BVFF Ökad information om vägars tillstånd via enkla sensorer inbyggda i vägens yta
- BVFF Djupanalys av orsaken till korta vägsträckors variation i nedbrytningstakt
- BVFF Kulverts inverkan på tjäldjup och tjällyftning i väg- och järnvägsbankar del 2
- BVFF 2021-07 Permanenta deformationer i obundna lager hos lågtrafikerade vägar med tung trafik
- BVFF Inverkan av fordonsdäckens egenskaper på vägars nedbrytning
- BVFF Numerisk modell för skadeutveckling i asfalt på grund av tjällyft

TRAFIKVERKET

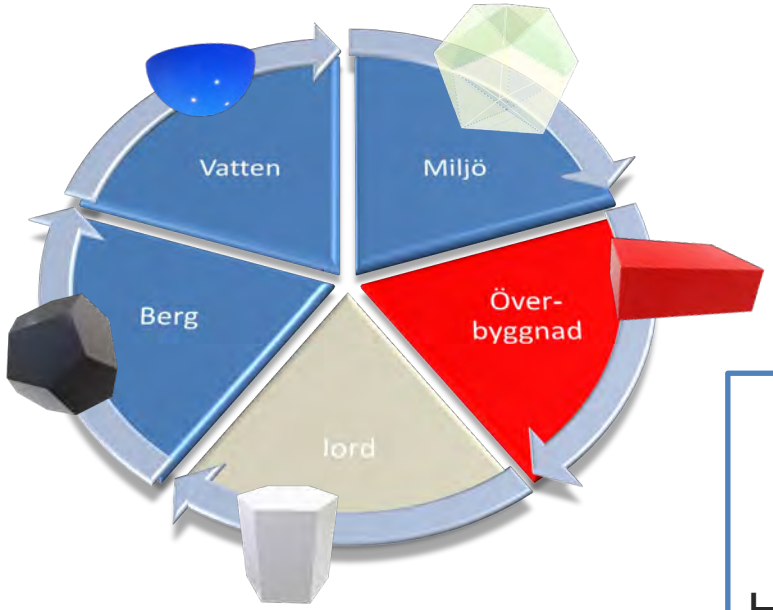
Övriga relevanta projekt i KC Vägteknik

- BVFF 2020:2-11 Vägnätets strukturella tillstånd
- BVFF 2021:1-11 Mätning av fukt/vatten vid FWD mätningar och dess effekter på asfalten
- BVFF 2021-05 Utveckling av komfort- och kvalitetsmått för gång- och cykelvägar
- Cirkulära materialflöden i anläggningskonstruktioner
- Kan värmebehandling av biomassa och biologisk kontroll under markytan möjliggöra återvinning vid kontroll av
- Hållbar användning av sulfidförande berg i vägkonstruktion
- Prediktering av sulfidförande bergmaterial utifrån ett geokemiskt perspektiv

TRAFIKVERKET

Tack!

Vilken är nyttan?
Dela erfarenheter



När vi presenterar det som görs / projektresultat

Vilken nytta ger resultaten till de 4 andra kompisarna?

Vilken nytta kunde projekten haft av de 4 andra kompisarna?

När vi delar erfarenheter om hur vi arbetar

Hur skulle de 4 andra kompisarna kunna ta nytta av era erfarenheter?

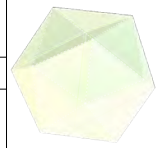
Vilka tankar eller frågor vill de 4 andra kompisarna dela med er?

Transportation Geotechnics
Två dagar för att diskutera

	26 JANUARI
11.30	**Registrering och kaffe**
11.45	**Transportation Geotechnics – vad är det?**
	Välkommen! *K. Viking, Trafikverket*
	Transportation Geotechnics en första bild Inklusive introduktion av medverkande teknikområden *G. Franzén, BIG sekretariat*
12.45	**Gemensam lunch**
13:45	**Transportation Geotechnics – Jord**
	Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
	Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Överbyggnad
	Påverkan från kulvertar på bankens beteende *J. Meng, Luleå*
	Pågående forskning inom Överbyggnad *R. Karlsson, Trafikverket*
	Diskussion
16.00	Eftermiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Miljö
	Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering *X. Song, SGI*
	Pågående forskning inom miljö *Representant från Trafikverket*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Sammanfattning dag 1
	Summering av diskussionen så här långt Introduktion till kvällens fortsatta diskussion runt småbord. *G. Franzén, BIG sekretariat*
PREL.19.00	Diskussion runt "Transportation Geotechnics" fortsätter runt små bord, där klockan inte längre styr.

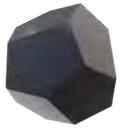






	27 JANUARI
08.30	**Transportation Geotechnics**
	Vi summerar föregående kvälls diskussioner
	Transportation Geotechnics – Vatten
	Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
	Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
	Diskussion
Prel 10.00	Förmiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Berg
	Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
	Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – En möjlighet?
	Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs? Diskussion där några utvalda börjar med att ge sin syn. Övriga fyller sedan på med sin syn. Vilken slutsats drar vi avseende möjligheterna?
13.00 – 14.00	**Vi avslutar dagarna med en gemensam lunch!**





Transportation Geotechnics – Miljö

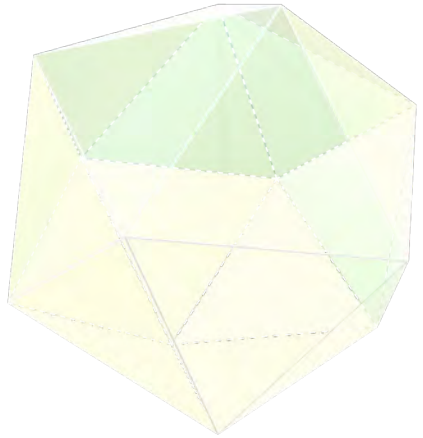
Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering

X. Song, SGI

Pågående forskning inom miljö

Representant från Trafikverket

Diskussion



TRANSPORTATION GEOTECHNICS MILJÖ

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

BIG seminarium, 26-27 januari 2023, Göteborg
TRANSPORTATION GEOTECHNICS – I PRAKTIKEN

Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering inom geoteknik

Xingqiang Song, SGI
2023-01-26

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Agenda:

1. Resultat från BIG projektet (A2020-16): Alternativa bindemedel
2. Underlätta klimatberäkningar och förbättra beräkningsresultatens kvalitet *(exempel på SGI:s insatser)*
3. Hållbarhetsvärdering av geokonstruktioner och samverkansmöjligheter inom BIG





1. BIG projekt: Alternativa bindemedel

Projektperiod: 2020-2021

Projektledare: D. Kupryianchyk, SGI; Deltagande: X. Song, SGI

Granskare: P. Lindh, N. Dannewitz, S. Miliutenko, Trafikverket; S. Larsson, KTH; C. Carlsson, W. Rankka, H. Kennedy, SGI

Viktiga projektresultat

- En sammanfattning av geotekniska och kemiska egenskaper hos jordar stabiliserade med alternativa bindemedel
- Framtagande av klimatdata för bindemedel
- Förslag på ett arbetsflöde för val av bindemedel vid planering av hållbar stabilisering



Andra intressanta resultat

- Fallstudier om klimatpåverkan från två stabiliseringsprojekt
- Kostnadsinformation om några bindemedel

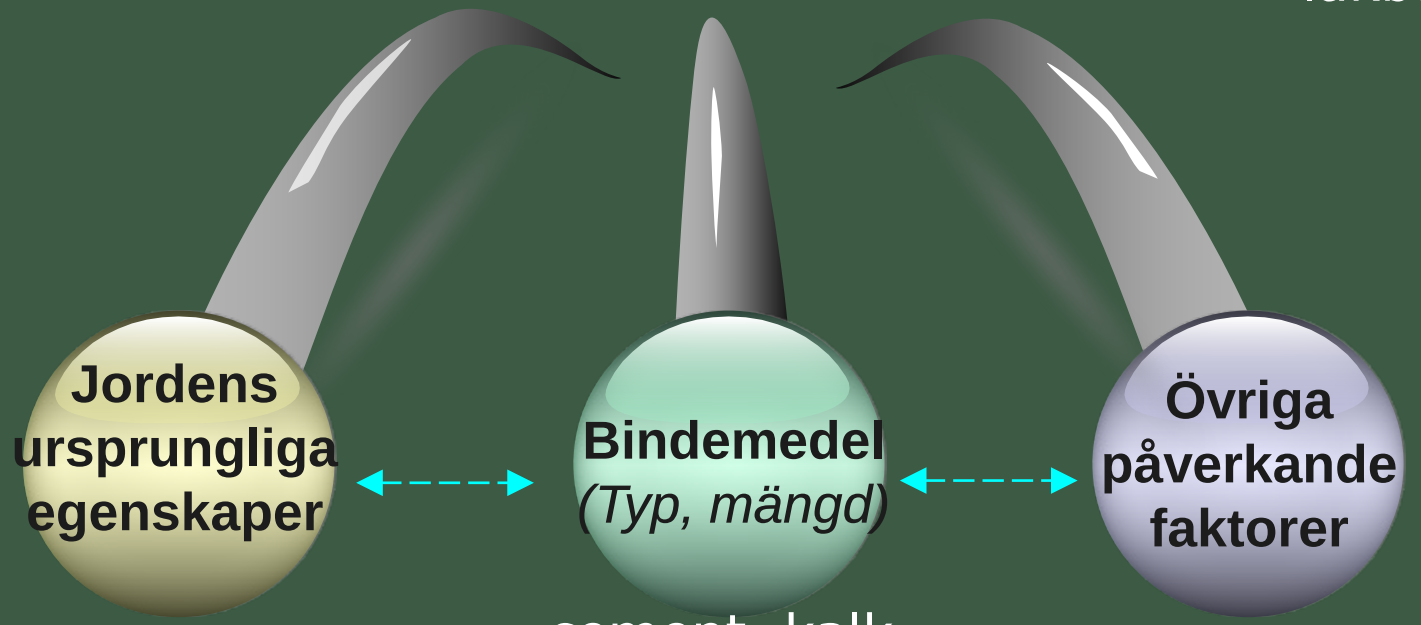
Slutrapport i DiVA: https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1607299&dswid=-198

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Avgränsningar vid insamling av egenskaper hos stabiliserade jordar med bindemedel

Egenskaper hos stabilisierade jordar

hållfasthet,
hydraulisk konduktivitet,
lakbarhet



kornstorlek,
vatteninnehåll,
organiskt innehåll,
kemiska ämne

cement, kalk,
slagg, flygaska,
CKD (cement kiln dust)

blandningsarbete
och packning,
temperatur
(vid härdning),
provens storlek
och utformning,
beständighet

Resultat sammanställs från litteraturstudier där hållfasthet, hydraulisk konduktivitet och/eller lakbarhet mätts på laboratorieprover och fältprover av stabiliserad jord.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Hållfasthet, K[1)] och lakbarhet hos jordmaterial stabiliserade med bindemedel (några exempel)

Jord	Förorening	Bindem. [2)]	Bindem. [3)]	Vatten	Prov	UCS (kPa)	K [1)]	Utdrag	Referens
Mg[Cl]+Mg[Sa]+Mg[Pt] respektive Sa+Gr	Tungmetaller, organiska	C, FA, L	10-20	6-17 [4)]	Fältprover 0,2 och 5 år efter pelarstab.	1200-6000	0,2-3,2	Inga tydliga tecken på åldring. Lakförsök (TCLP, NRA [5)]): Cu, Zn, Pb ökade	Al-Tabbaa och Boes (2002)
saCl	Zn	C, CKD, FA	20	50 [6)]	Labprover 1, 7 och 28 dygn	-	-	Lakförsök (TCLP): Med C+CKD och C+FA minskade Zn	Moon m.fl. (2010)
clsisaGr	Tillsatt Cd, Cu, Ni, Zn, Diesel	L, GGBS	5-20	12-17 [6)]	Labprover 7- 84 dygn	150 (5%)-900 (15%)	10-100	Lakförsök Cd, Ni, TPH[7)] (TCLP): Cd, Ni minskade; TPH minskade något	Kogbara m.fl. (2011)

1) Hydraulisk konduktivitet ($1 \cdot 10^{-9}$ m/s)
2) C= Cement, FA= Flygaska, L= Kalk, CKD= ett cementugnsdamm, GGBS= en masugnsslagg
3) Massa torrt bindemedel i förhållande till massa jord (%)
4) Massa tillsatt vatten i förhållande till massa jord (%)
5) TCLP: L/S= 20,…; NRA: L/S=0,1,…
6) Massa ingående vatten i förhållande till jordens totala massa (%)
7) TPH= Total petroleum hydrocarbon

För geotekniska frågor vänligen kontakt
Wilhelm Rankka, geotekniker på SGI,
wilhelm.rankka@sgi.se

Klimatpåverkan av bindemedel

1. Klimatdata för bindemedel (modul A1-A3)

- Främst från EPD:er enligt EN 15804+A1
- Bindemedel tillverkas i Sverige och andra europeiska länder

(EPD: Miljövarudeklaration)

A 1–3 Produktskede			A 4–5 Byggproduk-tionsskede		B 1–7 Användningsskede							C 1–4 Slutskede				D Kompletterande information
Råvaruförsörjning	Transport	Tillverkning	Transport	Bygg – och installationsprocesser	Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte	Ombyggnad	Driftenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering och rivning	Transport	Restproduktbehandling	Bortskaffning	Fördelar och belastningar utanför systemgränsen (återanvändning, återhämtning, återvinning, potential)
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

(Livscykelinformation av byggnadsverket enligt EN 15804)

2. Fallstudier: klimatpåverkan från två stabiliseringsprojekt

- Använd emissionsfaktorer i TrV:s Klimatkalkyl v7.0 och EPD:er
- Beräkna klimatpåverkan och identifiera “hotspots” (miljöproblem)



(Trafikverket, 2020)



(Peab, 2020)

Framtagande av miljödata för bindemedel

Underlag till miljödata*

- CEM I: 20 EPD:er (Miljövarudeklaration)**
- CEM II: 17 EPD:er
- CEM III: 20 EPD:er
- Multicem: 7 EPD:er
- Slagg: 5 EPD:er
- Flygaska: 4 EPD:er
- CKD: ingen EPD hittades

Svårigheter/utmaningar

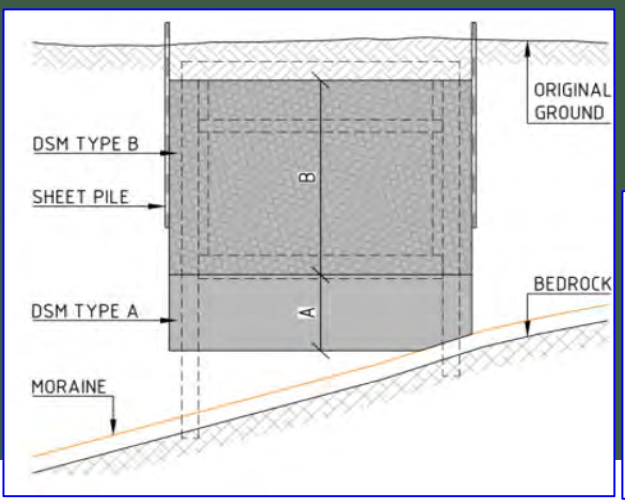
- Kvalitet på resultat av vissa EPD:er, pga. bl.a. begränsade info om underlag för
  - val av indata
  - val av allokeringsmetod
- Svårt att bedöma representativet av EPD:er, pga. informationsbrist på t.ex.
  - leveranskedjan
  - marknadsandel
- m.m.

* *Avser klimatdata och primärenergi i projektet*
** *EPD eller liknande (enligt standard EN 15804:2012+A1:2013)*

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Fallstudie 1: Kvarnberget (Västlänken)

Namn	KC-pelare			Multicem-pelare		
	ton CO_2 ekv	kg CO_2 ekv/m³	%	ton CO_2 ekv	kg CO_2 ekv/m³	%
Kalk, produkt	**1979,5**	**25,5**	**39,4**	–	–	–
Kalk, transport	14,1	0,2	0,3	–	–	–
Cement, produkt	**2420,9**	**31,2**	**48,2**	–	–	–
Cement, transport	39,2	0,5	0,8	–	–	–
Multicem, produkt	–	–	–	**3055,8**	**39,4**	**82,2**
Multicem, transport	–	–	–	949,3	1,2	2,6
KC-maskin, dieselåtgång	283,1	3,7	5,6	283,1	3,7	7,6
Avschaktning & borttransport (Typ B)	283,6	3,7	5,6	283,6	3,7	7,6
Totalt	5020,3	64,8	100	3717,4	48,0	100



Alternativa bindemedel	Inblandningsmängder (kg/m³)	
	DSM Typ A	DSM Typ B
KC 30/70	85	40
100% Multicem	120	85

Förväntat värde på odränerad skjuvhållfasthet:

- *Su=100 kPa för DSM Typ A*
- *Su=250 kPa för DSM Typ B*

Fallstudie 2: Arendal II (stabilisering av muddermassor)

Recept 1: 150 kg/m³ muddermassor (Bascement/slagg 50/50)

Kategori	Namn	Klimatpåverkan		
		ton CO_2 ekv	kg CO_2 ekv/m³	%
Bindemedel, cement	**Cement, produkt**	**13 106,3**	**52,4**	**89,8**
	Cement, transport	223,2	0,9	1,5
Bindemedel, slagg	Slagg, produkt	562,5	2,3	3,9
	Slagg, transport	565,5	2,3	3,9
Muddering	Grävmaskin, dieselåtgång	130,3	0,5	0,9
Transport av muddermassor	Båt, dieselåtgång	2,5	0,01	0,02
Processtabilisering	Prosol, elåtgång	1,5	0,01	0,01
Totalt		14 591,7	58,4	100


Muddra (grävmaskin/pråm)


Transportera (båt)


Vispa (grävmaskin)


Stabilisera (ProSol)

Recept 2: 120 kg/m³ muddermassor (Bascement/slagg/flygaska 54/24/22)

Kategori	Namn	Klimatpåverkan		
		ton CO_2 ekv	kg CO_2 ekv/m³	%
Bindemedel, cement	**Cement, produkt**	**11 323,8**	**45,3**	**93,5**
	Cement, transport	192,9	0,8	1,6
Bindemedel, slagg	Slagg, produkt	216,0	0,9	1,8
	Slagg, transport	217,1	0,9	1,8
Bindemedel, flygaska	Flygaska, product	4,6	0,02	0,04
	Flygaska, transport	26,2	0,1	0,2
Muddering	Grävmaskin, dieselåtgång	130,3	0,5	1,1
Transport av muddermassor	Båt, dieselåtgång	2,5	0,01	0,02
Processtabilisering	Prosol, elåtgång	1,5	0,01	0,01
Totalt		12 114,9	48,5	100

Förslag på arbetsflöde för val av bindemedel vid planering av hållbar stabilisering

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Steg 1: Materialkarakterisering och klassificering

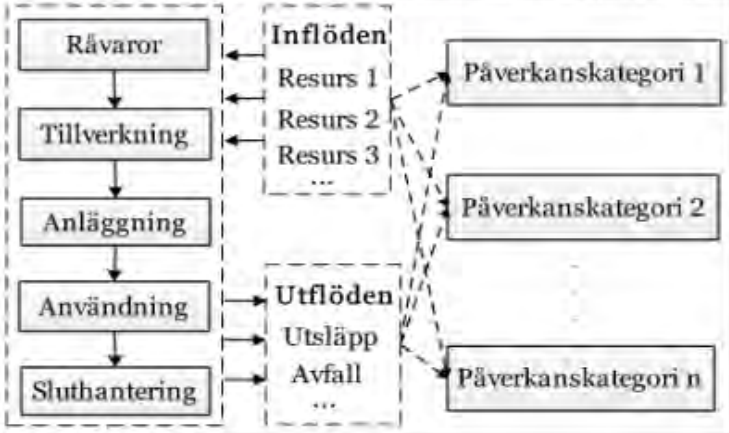
Geotekniska undersökningar som inkluderar kornstorlekfördelning, jordart, vattenkvot, densitet, organiskt material, föroreningsgrad

Steg 2: Dimensionering av stabiliseringsprojekt

Inklusive prestandakrav som ställs för stabiliserade jordar/material, beroende på förväntade funktioner

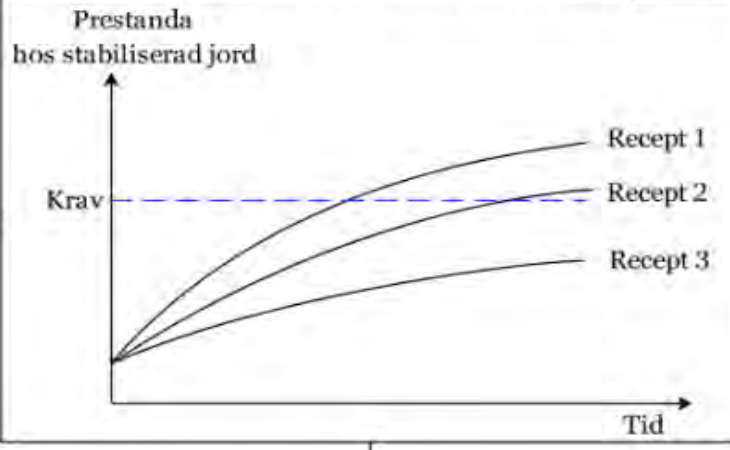
Steg 3b: Livscykelanalys (LCA)

Bedömning av miljö- och klimatpåverkan från stabiliseringsprojekt med olika bindemedel/recept



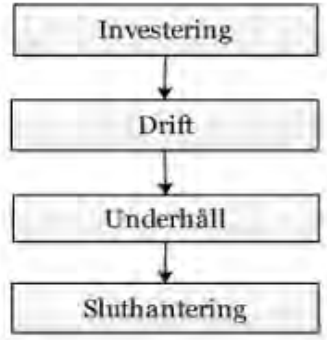
Steg 3a: Utprovning

Analys av geotekniska och kemiska egenskaper hos stabiliserad jord med olika bindemedel/recept



Steg 3c: Livscykelkostnad (LCC)

Kostnadsanalys av stabiliseringsprojekt med olika bindemedel/recept



Steg 4: Jämförelsematris (beslutstöd)

	Prestanda stabiliserad jord	Miljö- och klimatpåverkan	Kostnader
Recept 1			
Recept 2			
Recept 3	Otillräcklig	-	-

Bra
Dålig

Steg 5: Beslutfattande

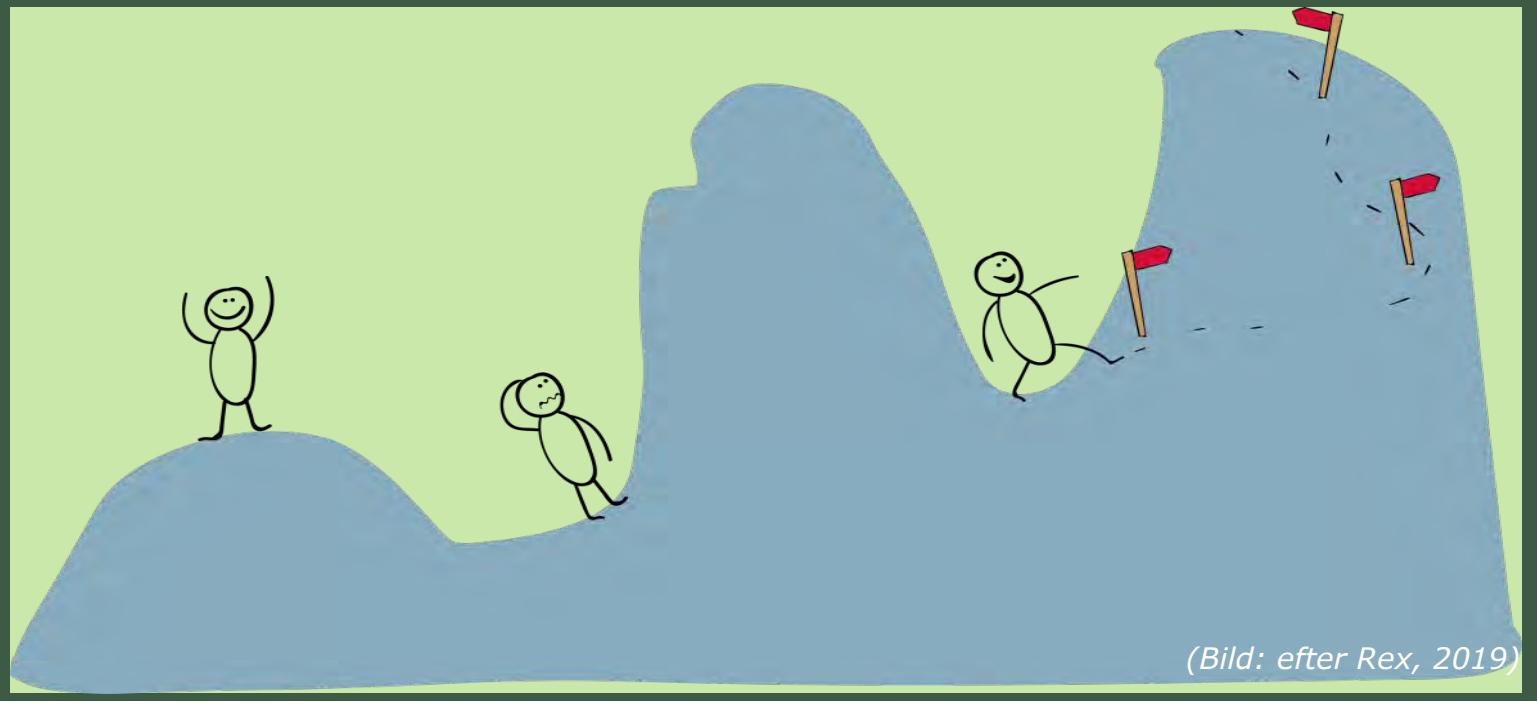
Val av bindemedel/recept för stabiliseringsprojekt

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

2. Underlätta klimatberäkningar och förbättra beräkningsresultatens kvalitet

(exempel på SGI:s pågående insatser)

Inom geoteknik: Både lätt och svårt!



(Bild: efter Rex, 2019)

SBE Projekt: Klimatdata för grundläggningsmetoder

Syfte

- Skapa förutsättningar för klimatsmarta val av grundläggningsmetoder

Mål

- Leverera klimatdata för en rad grundläggningsmetoder
- Beskriva förutsättningarna för en digital databasstruktur och förvaltning av data

Exempel på metoder

Geonätsarmerad bank

Inblandningspelare

Vertikaldränering

Förbelastning

Jordspikning

Lättfyllning

Slitsmur

Påldäck

Pålar

Preliminärt i mars/april 2023 publiceras projektslutrapport i DiVA (www.diva-portal.org).

Med stöd från: Vinnova, Energimyndigheten, Formas – Strategiska innovationsprogram

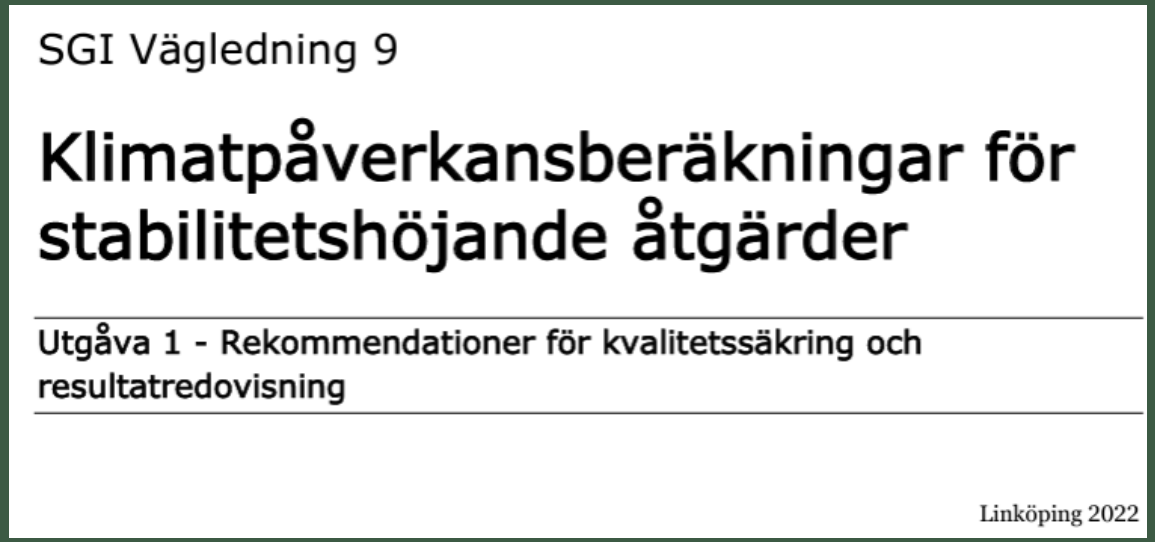
Projektinfo: https://www.smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/klimatdata-for-grundlaggningsmetoder/

Förbättrade klimatberäkningar kan bidra till hållbara geokonstruktioner

Syftet med denna vägledning är att

- förbättra beräkningsresultatens kvalitet
- öka transparensen i beräkningsunderlag och beräkningsprocessen
- underlätta kommunikation mellan olika aktörer.

Vägledningen kan även utgöra en grund vid upprättande, resultatredovisning samt kvalitetsgranskning av klimatberäkningar.



http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:swedgeo:diva-1001

https://press.sgi.se/posts/news/forbattrade-klimatberakningar-kan-bidra-till-1

Målgruppen: främst konsulter, projekterande entreprenörer, myndigheter och kommuner i samband med planering, projektering och genomförande av stabilitetshöjande åtgärder.

Innehåll av vägledningen om klimatberäkningar

Innehållsförteckning

Begrepp och definitioner 6

1 Inledning 9

1.1 Bakgrund 9

1.2 Syfte 9

2 Klimatberäkningar av stabilitetshöjande åtgärder 10

2.1 Vad kan en klimatberäkning användas till? 10

2.2 När utförs klimatberäkningar? 10

2.3 Klimatberäkningsverktyg 10

3 Redovisning av klimatberäkningar 12

3.1 Definition av mål och omfattning 12

3.1.1 Mål 12

3.1.2 Omfattning 12

3.2 Inventeringsanalys 14

3.3 Bedömning av klimatpåverkan 15

3.4 Tolkning 16

4 Uppdatering och kontaktuppgifter 17

Referenser 18

Bidra till att beräkningsresultat skulle kunna vara

- transparenta
- tillförlitliga
- verifierbara
- jämförbara

Bilagor

1. Grundläggande principer för klimatberäkningar
2. Exempel: Redovisning av en förenklad klimatberäkning vid projektering
3. Exempel: Inventeringsanalys (Excel)
4. Exempel: Resultatrapport ”All information inklusive figurer” (Excel)
5. Exempel: Procentuell uppdelning av klimatpåverkan (Excel)
6. Exempel: Exporterad klimatkalkyl (.bin)

http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:swedgeo:diva-1001

3. Hållbarhetsvärdering av geokonstruktioner och samverkansmöjligheter inom BIG



https://www.lantmateriet.se/sv/om-lantmateriet/vart-ansvar-och-uppdrag/agenda-2030/



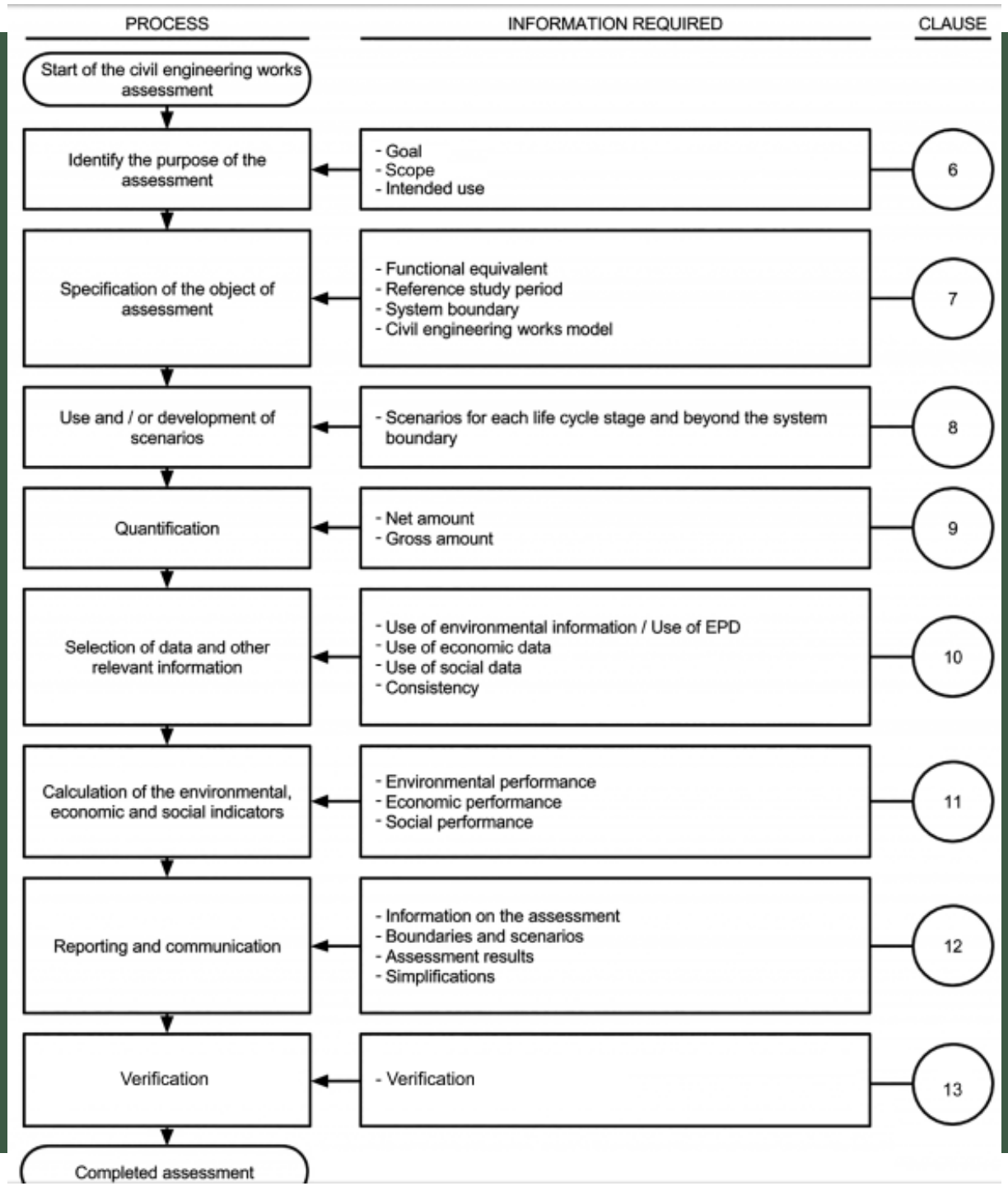
- SS-EN 1997-1:2005 Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 1: Allmänna regler
- Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TK GEO 13
- SS-EN 14679:2005 Utförande av geokonstruktioner - Djupstabilisering med bindemedel
- SS-EN 1536:2010+A1:2015 Utförande av geokonstruktioner - Grävpålar
- SS-EN 1538:2010+A1:2015 Utförande av geokonstruktioner – Slitsmurar
- m.m.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Hållbarhetsvärdering av anläggningar: Beräkningsmetoder

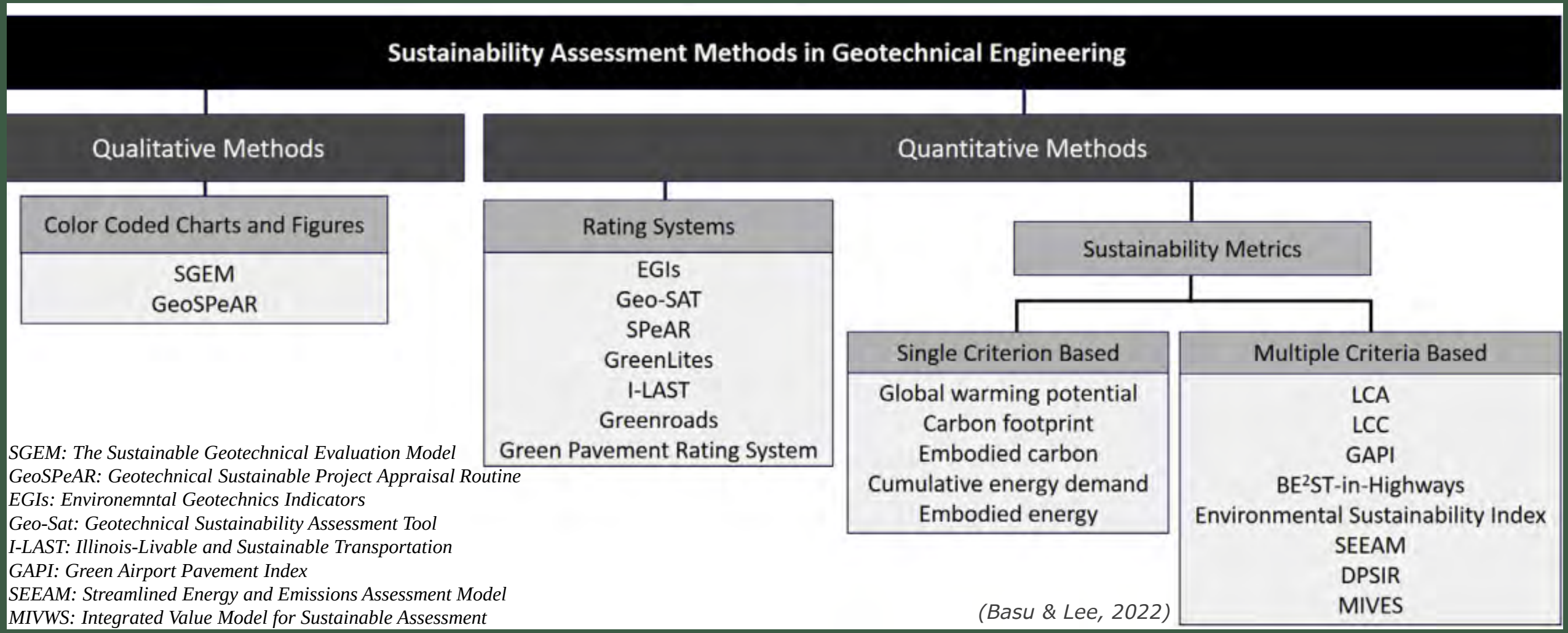


https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnader/allmant/ss-en-174722022/



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Exempel på metoder för hållbarhetsvärdering inom geoteknik



SGEM: The Sustainable Geotechnical Evaluation Model
GeoSPeAR: Geotechnical Sustainable Project Appraisal Routine
EGIs: Environemntal Geotechnics Indicators
Geo-Sat: Geotechnical Sustainability Assessment Tool
I-LAST: Illinois-Livable and Sustainable Transportation
GAPI: Green Airport Pavement Index
SEEAM: Streamlined Energy and Emissions Assessment Model
MIVWS: Integrated Value Model for Sustainable Assessment

(Basu & Lee, 2022)

Härutöver miljö- och hållbarhetscertifieringar, t.ex. BREEM Infrastructure (CEEQUAL), m.m.

Beslutsfattande för hållbara geokonstruktioner: Informationsbehov som en viktig faktor

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Ramverk/riktlinjer/koncept för hållbarhet

Agenda 2030, robust, resiliens, cirkulär ekonomi, dematerialisering, klimatneutral, livscykelperspektiv, m.m.

Beslutsprocess

(olika typer och nivåer rörande åtgärdsval, materialval, projektering/dimensionering, utförande, m.m.)

Genom-förande

Metod/verktyg (beslutsstöd)

Geotekniska undersökningsmetoder, Klimatkalkyl, Geokalkyl, ASEK, LCA, LCCA, maskinlärning, AI, m.m.

Data

Geodata, tekniska data, miljödata, kostnad, big data, m.m.

ASEK: Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Hållbarhet inom geoteknik: Vad behövs för att bättre kommunicera och samarbeta?

Ett eventuellt kompetensbehov

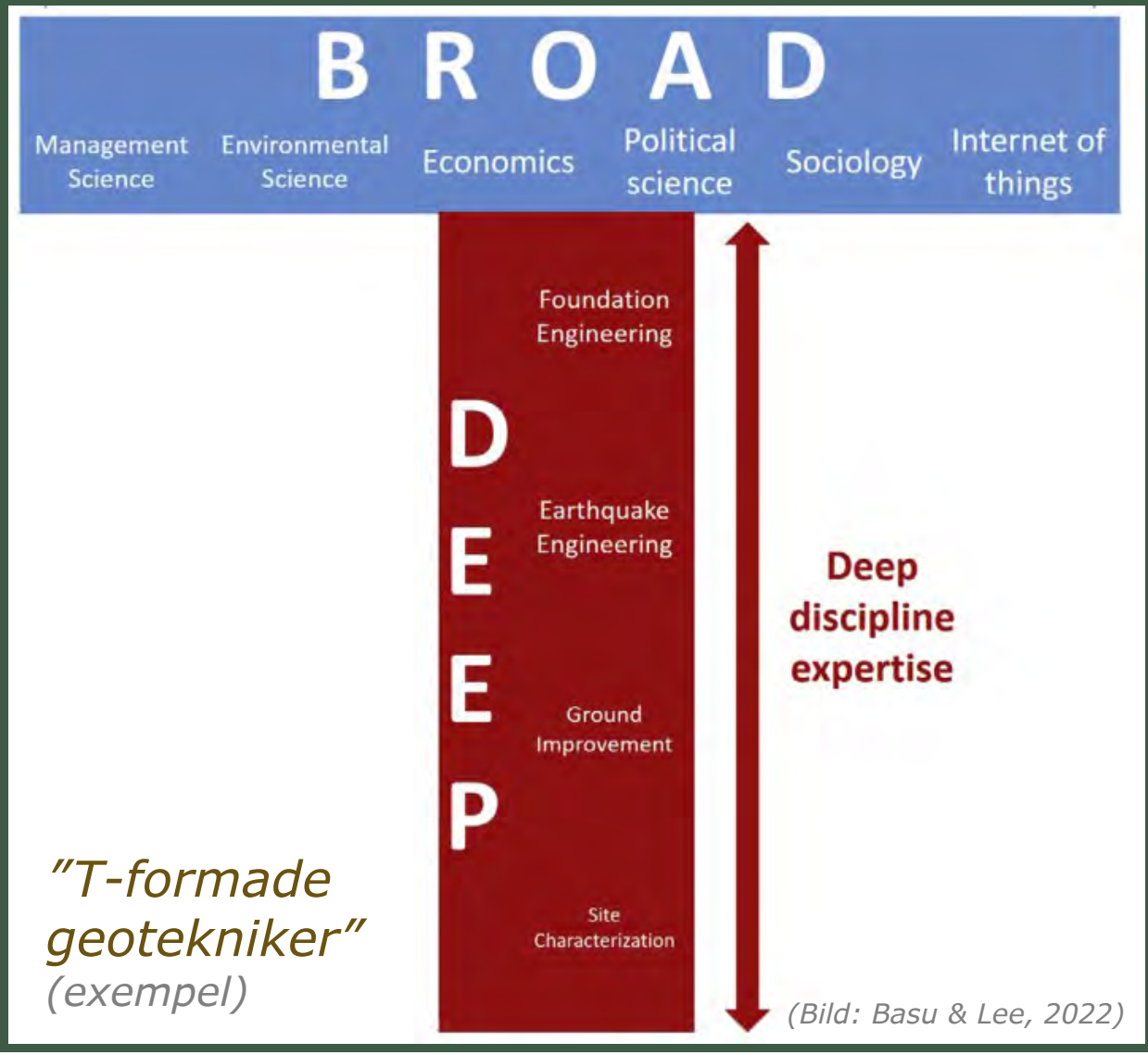
”T-formade geotekniker”

+

”T-formade analytiker”
(LCA, LCC, hållbarhetsvärdering avseende geoteknik)



(efter Öberg, 2011)



”T-formade geotekniker”
(exempel)

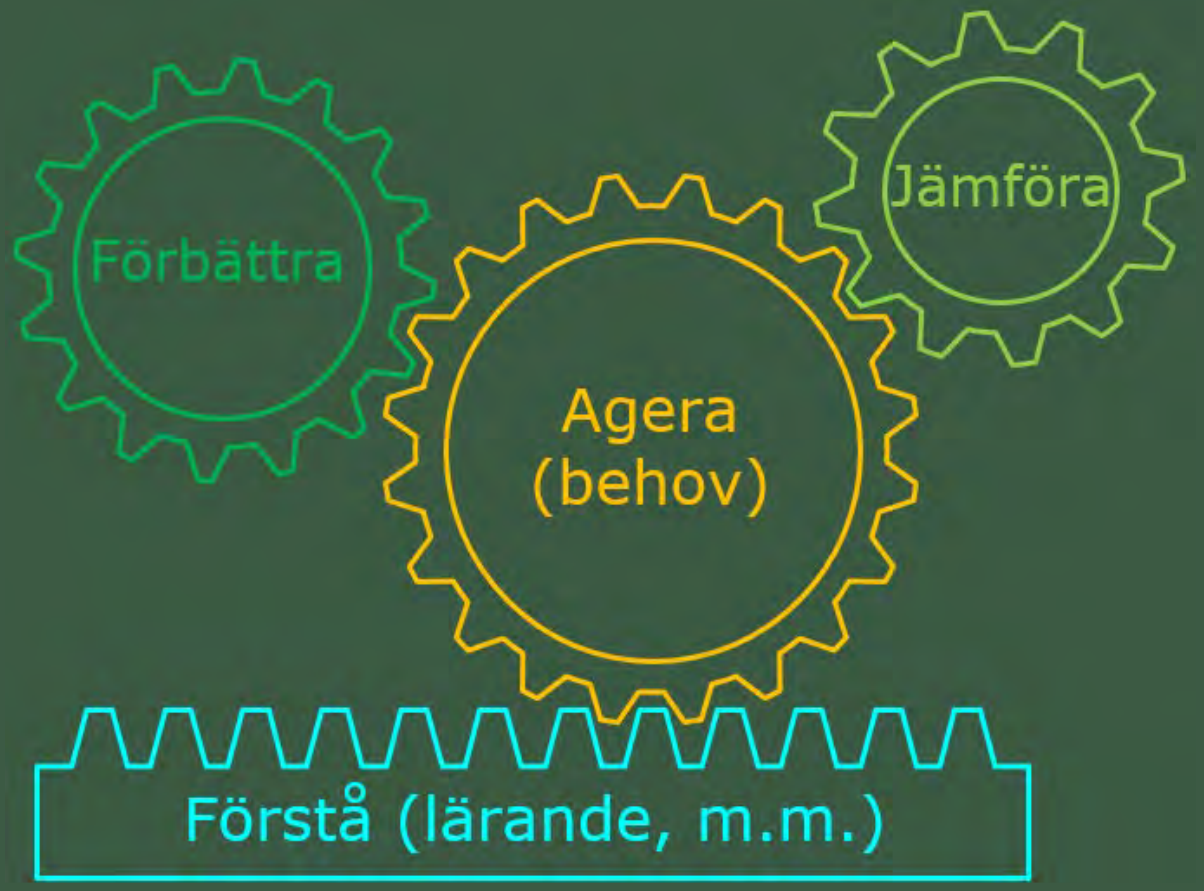
(Bild: Basu & Lee, 2022)

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

BIG (geotekniker) kan bidra mer till hållbar transportinfrastruktur – Dags att gå från ord till handling!

Exempel på allmänna utgångspunkter

- Behovskartläggning
- Kunskapshöjande eller medvetandehöljande insatser, t.ex.
  - Aktuellt kunskapsläge
  - Fallstudier
- Praktiskt stöd, t.ex.
  - Verktygslåda
  - Representativa LCI-datamängder
- m.m.

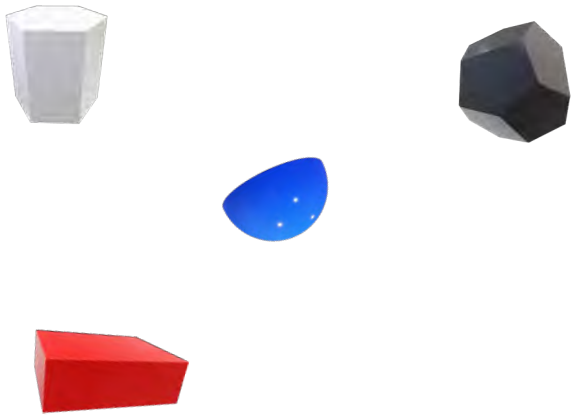


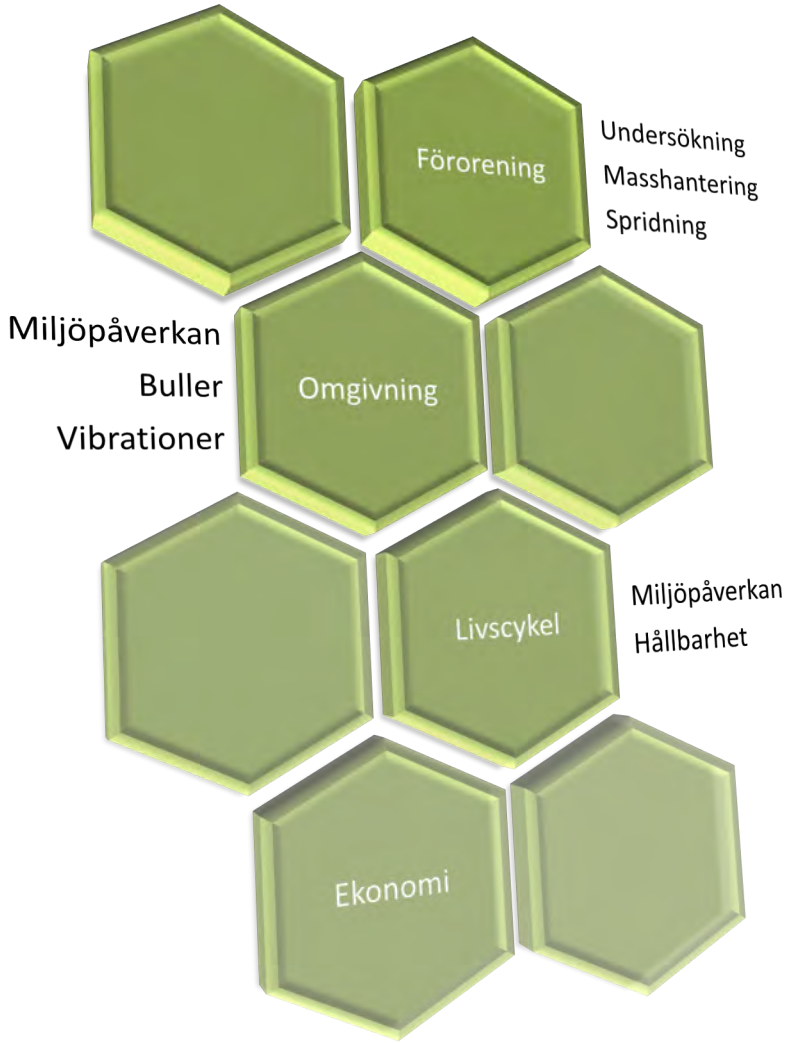

STATENS
GEOTEKNISKA
INSTITUT
TACK
FÖR ER UPPMÄRKSAMHET
xingqiang.song@sgi.se

MILJÖ
TRAFIKVERKET

MILJÖ

Några av de delar som har en tydlig direkt koppling till de andra fyra kompisarna





Sökning i TrVs Databas – Miljö men även….

Masshantering

Cirkulär
Klimatkalkyl
Masshanteringsplan, Geoteknik

Avslutade utvecklingsprojekt enligt angivna sökkriterier

Utförare	Benämning
Cowi	Utvärdering av möjliga transportalternativ av schaktmassor, Alternativt hanteringssätt av schaktmassor
Ecoloop	Cirkulär masshantering enligt Optimass
Institutionen för hållbar utveckling, miljövetenskap och teknik (SEED), KTH	Masshantering i klimatkalkyler
Trafikverket	Energieffektiv masshantering
Trafikverket IVtgb	Masshantering i tidiga skeden
Trafikverket IVtsö2	Masshanteringplan Geoteknik, Bättre tnyttjande av schaktade massor
VTI	Hållbar masshantering - indikatorer och nyckeltal för incitament för reducerad klimatpåverkan vid upphandling
Vägverket	Masshantering - utbildning i miljö och juridik
Vägverket VGtav	Metodik för kravställande vid masshantering ur energieffektivt perspektiv.

Pågående utvecklingsprojekt enligt angivna sökkriterier

Utförare	Benämning
SLU Centrum för biologisk mångfald, Institutionen för Stad och Land, Sveriges Lantbruksuniversitet	Verksamhetsnära samlad kunskapsutveckling för bekämpning av invasiva växter; Del I. Planering
SLU Centrum för biologisk mångfald, Institutionen för Stad och Land, Sveriges Lantbruksuniversitet	Verksamhetsnära samlad kunskapsutveckling för bekämpning av invasiva växter; Del II Vidmakthålla
SLU Centrum för biologisk mångfald, Institutionen för Stad och Land, Sveriges Lantbruksuniversitet	Verksamhetsnära samlad kunskapsutveckling för bekämpning av invasiva växter; Del III. Masshantering
SWECO Sverigie AB	Cirkulär masshantering i samverkan
Trafikverket	Vägledning klimateffektiviseringar i planering och projektering

Invasiva arter
Klimateffektivisering

Sökning i TrVs Databas – Miljö men även….

Omgivningspåverkan

Riskhantering
Grundvattenföroreningar
Återanvända/återvinning

Avslutade utvecklingsprojekt enligt angivna sökkriterier

Utförare	Benämning
Chalmers	Skadeverkan mot byggnad av markvibrationer från sprängning
Chalmers Tekniska Högskola	Riskhantering för att undvika driftstörningar i byggskedet i stora infrastrukturprojekt i urban miljö
Chalmers tekniska högskola	Slitsmurar - geoteknisk dimensionering och uppföljning
Chalmers tekniska högskola, institutionen för geoteknik	Prognos av rörelser orsakade av stora schakter - viktigt för riskbedömning och omgivningspåverkan
Kungliga Tekniska Högskola	BIG A2018-25 Markvibrationer i samband med vibrodrivning av spont - inverkan av drivutrustning
Kungliga Tekniska Högskolan, Institutionen för mark-och vattenteknik	Grundvattenförorening vid trafikolyckor – utveckling av ny bedömningsmetodik
Kungliga tekniska högskolan, KTH	E18 research project
NCC Construction Sverige AB, NCC Teknik	Slitsmurar som permanenta konstruktioner – en uppföljning
Structor miljö Göteborg AB	Utvärdering av möjligheten att återanvända lera med innehåll av kalk och cement
VTI	Miljöpåverkan vid återvinning av tjärhaltiga beläggningsmaterial

Pågående utvecklingsprojekt enligt angivna sökkriterier

Utförare	Benämning
Chalmers Avd för geologi och geoteknik	Tidsberoende effekter av schakt i lös lera
Luleå tekniska universitet	Miljöuppföljning tjärasfalt
Luleå tekniska universitet	Prediktering av sulfidförande bergmaterial utifrån ett geokemiskt perspektiv
Stiftelsen Bergteknisk Forskning - BeFo	BeFo 437 - Skadeverkan mot byggnad av markvibrationer från sprängning – Modellering av fältförsök
VTI – Statens väg & Transportforskningsinstitut	Hållbar användning av sulfidförande berg i vägkonstruktion

Miljöuppföljning tjärasfalt
Markvibrationer

Sökning i TrVs Databas – Miljö men även….

Livscykel

Dammbindning
Frostbeständighet
Klimat egenskaper
Avvattning
Hållbarhetsmärkning

Avslutade utvecklingsprojekt enligt angivna sökkriterier

UTDRAG!!
Totalt 88

Utförare	Benämning
CDU, KTH	Olika metoder för dammbindning av grusvägar. Doktorandprojekt CDU: T43.
Chalmers	Minska klimatpåverkan av betong i ballastfritt spår
KTH	Utveckling och implementering av en modell för hantering av livcykelkostnader (LCC) inom broteknik - Steg 3
KTH	Verktyg för projektering av geotekniska åtgärder ur ett livscykelkostnadsperspektiv
Kungliga Tekniska högskolan, Avdelningen för Geodesi och satellitpositionering	Ökat industriellt tänkande i hela värdekedjan genom koppling av geodesi, geodatakvalitet och BIM
Luleå tekniska universitet	BVFF Frostbeständig terrasstabilisering, kunskapsutveckling mineralbildningsprocesser och efterhärdningspotential
Lunds Tekniska Högskola	Användning av probabilistiska metoder för utvärdering av miljöpåverkan hos byggnadsverk
SGI	Sammanställning av tekniska, klimatmässiga egenskaper samt kostnader av alternativa bindemedel.
SGI	Utformning av sidoområde med hänsyn till vägdagvattenhantering och miljö
SLU Alnarp	Hållbar utformning och förvaltning av vägrummet genom ett livscykelperspektiv
Stiftelsen Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (SIVL)	Vägtrafikens Infrastruktur - en systemstudie med LCA och LCC
Trafikverket	Höghastighetsbana - alternativa grundläggningsmetoder vid hårda sättningskrav
Trafikverket UHnbv	Avvattningsprojektet 2011-2013
WSP	Klimatoptimerat byggande av betongbroar - framtagande av råd och riktlinjer
WSP Sverige AB	Utveckling/implementering av system för "hållbarhetsmärkning" av infrastrukturprojekt
WSP Sverige AB	Utveckling/implementering av system för hållbarhetsdeklarering av infrastrukturprojekt
VTI	Livscykelperspektiv på Investeringsbedömningar
VTI	MIRIAM (Models for rolling resistance In Road Infrastructure Asset Management Systems)
VTI	Utveckling av Trafikverkets LCC system
VTI Statens väg och trafikforskningsinstitut	BVFF Förstudie och litteratusudie avseende Funktionella egenskaper för bullerreducerande beläggningar
VVÄ	Förebyggande beläggningsunderhåll inklusive torrläggning

Antal träffar:88

Sökning i TrVs Databas –
Miljö men även….

Livscykel

Pågående utvecklingsprojekt enligt angivna sökkriterier

Utdrag
Egentligen 20 stycken

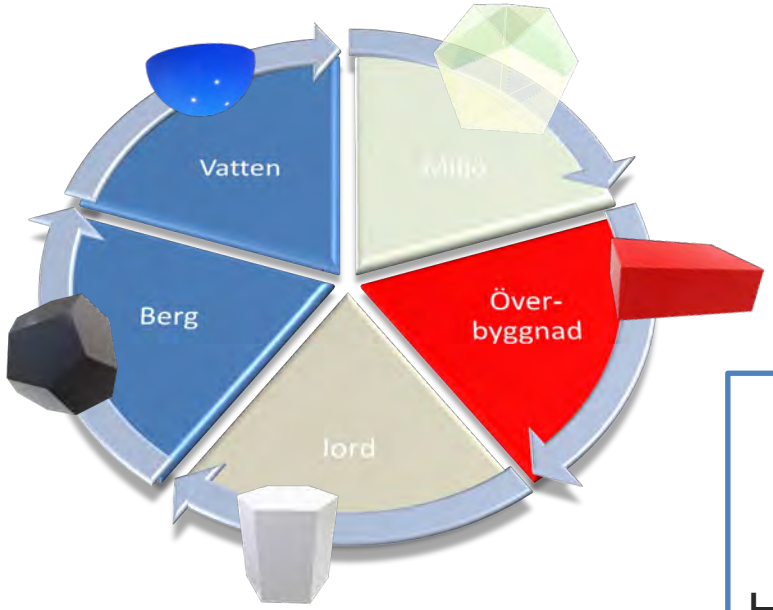
Utförare	Benämning
Chalmers	BiG2021-20 Vibrationer från stabiliserade järnvägsbankar.
Chalmers Tekniska Högskola	Industriell konstruktion, upphandling och produktion av byggnadsverk och andra tekniska detaljer
Chalmers tekniska högskola AB	BIG A2022-03 InSAR - En gemensam förstudie tre parter
KTH	LCA och LCCA för geotekniska konstruktioner
Luleå tekniska universitet	Miljörisker med polycykliska aromatiska kolväten vid användning av tjäraasfalt
Luleå Tekniska Universitet	Omstart av Temperaturflöden i järnvägstunnlar och dess konsekvens på det bärande systemet, berget och de förstärkande elementen
MOVEA Trafikkonsult AB	Kostnadseffektiv cykelväg
RISE	BBT2020-027 Betongs frostbeständighet- långtidsexponering vid tösaltad vägmiljö
RISE Research Institute of Sweden	Clay-LCA: Aktiverade leror för betong – Bedömning av miljömässiga och ekonomiska konsekvenser och utmaningar för normativa processer
Skanska Sverige AB	Vägöverbyggnader i ett livscykelperspektiv
Statens väg- och transportforskningsinstitut	BVFF Karakterisering av variabilitet i indata vid dimensionering av vägöverbyggnader
VTI	Utvärdering av långsiktiga egenskaper och klimatavtryck av asfaltmassor med returasfalt och biobindemedel

Miljörisker
Temperaturföljden
Klimat

Begreppet MILJÖ svårt att summera



Vilken är nyttan?
Dela erfarenheter



När vi presenterar det som görs / projektresultat

Vilken nytta ger resultaten till de 4 andra kompisarna?

Vilken nytta kunde projekten haft av de 4 andra kompisarna?

När vi delar erfarenheter om hur vi arbetar

Hur skulle de 4 andra kompisarna kunna ta nytta av era erfarenheter?

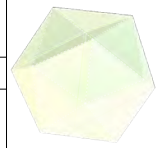
Vilka tankar eller frågor vill de 4 andra kompisarna dela med er?

Transportation Geotechnics
Två dagar för att diskutera

	26 JANUARI
11.30	**Registrering och kaffe**
11.45	**Transportation Geotechnics – vad är det?**
	Välkommen! *K. Viking, Trafikverket*
	Transportation Geotechnics en första bild Inklusive introduktion av medverkande teknikområden *G. Franzén, BIG sekretariat*
12.45	**Gemensam lunch**
13:45	**Transportation Geotechnics – Jord**
	Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
	Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Överbyggnad
	Påverkan från kulvertar på bankens beteende *J. Meng, Luleå*
	Pågående forskning inom Överbyggnad *R. Karlsson, Trafikverket*
	Diskussion
16.00	Eftermiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Miljö
	Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering *X. Song, SGI*
	Pågående forskning inom miljö *Representant från Trafikverket*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Sammanfattning dag 1
	Summering av diskussionen så här långt Introduktion till kvällens fortsatta diskussion runt småbord. *G. Franzén, BIG sekretariat*
PREL.19.00	Diskussion runt "Transportation Geotechnics" fortsätter runt små bord, där klockan inte längre styr.

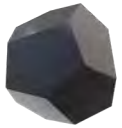


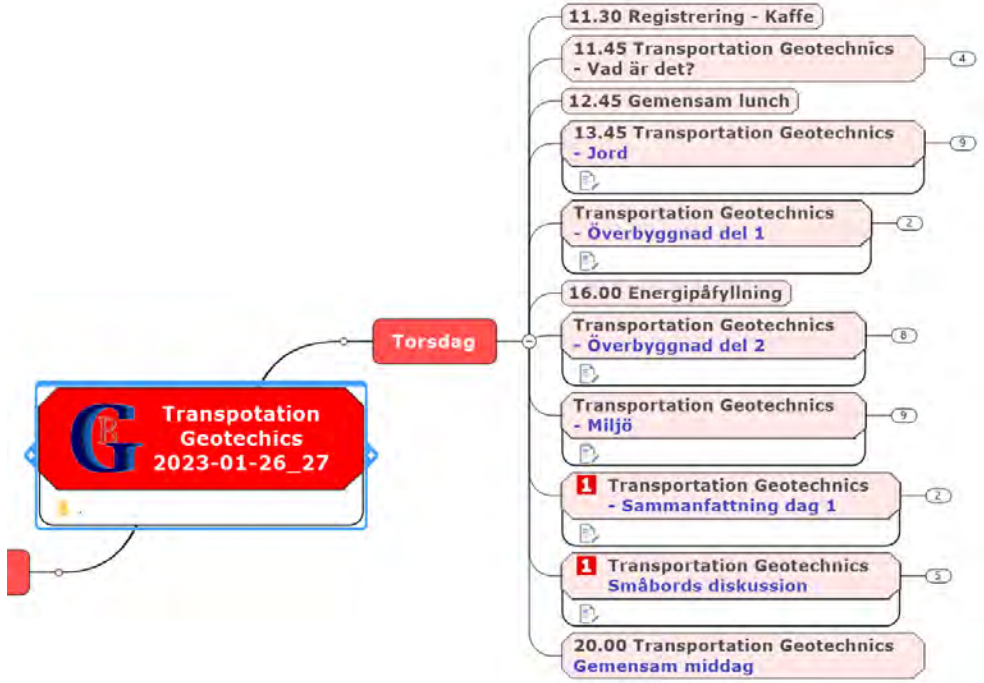




	27 JANUARI
08.30	**Transportation Geotechnics**
	Vi summerar föregående kvälls diskussioner
	Transportation Geotechnics – Vatten
	Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
	Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
	Diskussion
Prel 10.00	Förmiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Berg
	Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
	Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – En möjlighet?
	Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs? Diskussion där några utvalda börjar med att ge sin syn. Övriga fyller sedan på med sin syn. Vilken slutsats drar vi avseende möjligheterna?
13.00 – 14.00	**Vi avslutar dagarna med en gemensam lunch!**







Sammanfattning
Så här långt….

TRANSPORTATION GEOTECHNICS





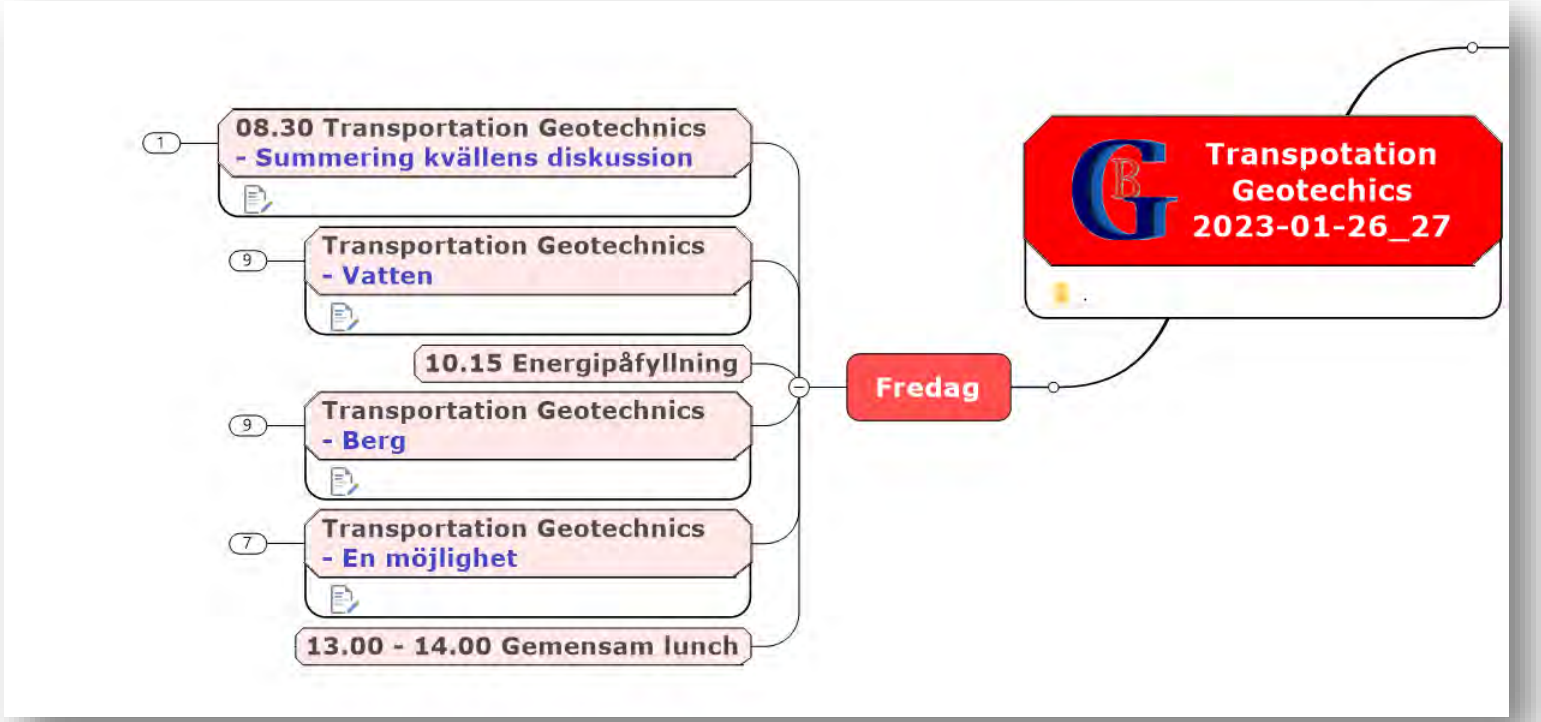
Kväll

TRANSPORTATION GEOTECHNICS

SAMLING
kl.19.00



Transportation Geotechnics



Fredag

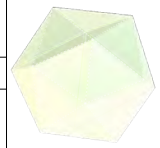
TRANSPORTATION GEOTECHNICS

Transportation Geotechnics
Två dagar för att diskutera

	26 JANUARI
11.30	**Registrering och kaffe**
11.45	**Transportation Geotechnics – vad är det?**
	Välkommen! *K. Viking, Trafikverket*
	Transportation Geotechnics en första bild Inklusive introduktion av medverkande teknikområden *G. Franzén, BIG sekretariat*
12.45	**Gemensam lunch**
13:45	**Transportation Geotechnics – Jord**
	Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
	Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Överbyggnad
	Påverkan från kulvertar på bankens beteende *J. Meng, Luleå*
	Pågående forskning inom Överbyggnad *R. Karlsson, Trafikverket*
	Diskussion
16.00	Eftermiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Miljö
	Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering *X. Song, SGI*
	Pågående forskning inom miljö *Representant från Trafikverket*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Sammanfattning dag 1
	Summering av diskussionen så här långt Introduktion till kvällens fortsatta diskussion runt småbord. *G. Franzén, BIG sekretariat*
PREL.19.00	Diskussion runt "Transportation Geotechnics" fortsätter runt små bord, där klockan inte längre styr.

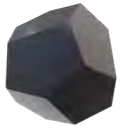






	27 JANUARI
08.30	**Transportation Geotechnics**
	Vi summerar föregående kvälls diskussioner
	Transportation Geotechnics – Vatten
	Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
	Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
	Diskussion
Prel 10.00	Förmiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Berg
	Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
	Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – En möjlighet?
	Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs? Diskussion där några utvalda börjar med att ge sin syn. Övriga fyller sedan på med sin syn. Vilken slutsats drar vi avseende möjligheterna?
13.00 – 14.00	**Vi avslutar dagarna med en gemensam lunch!**







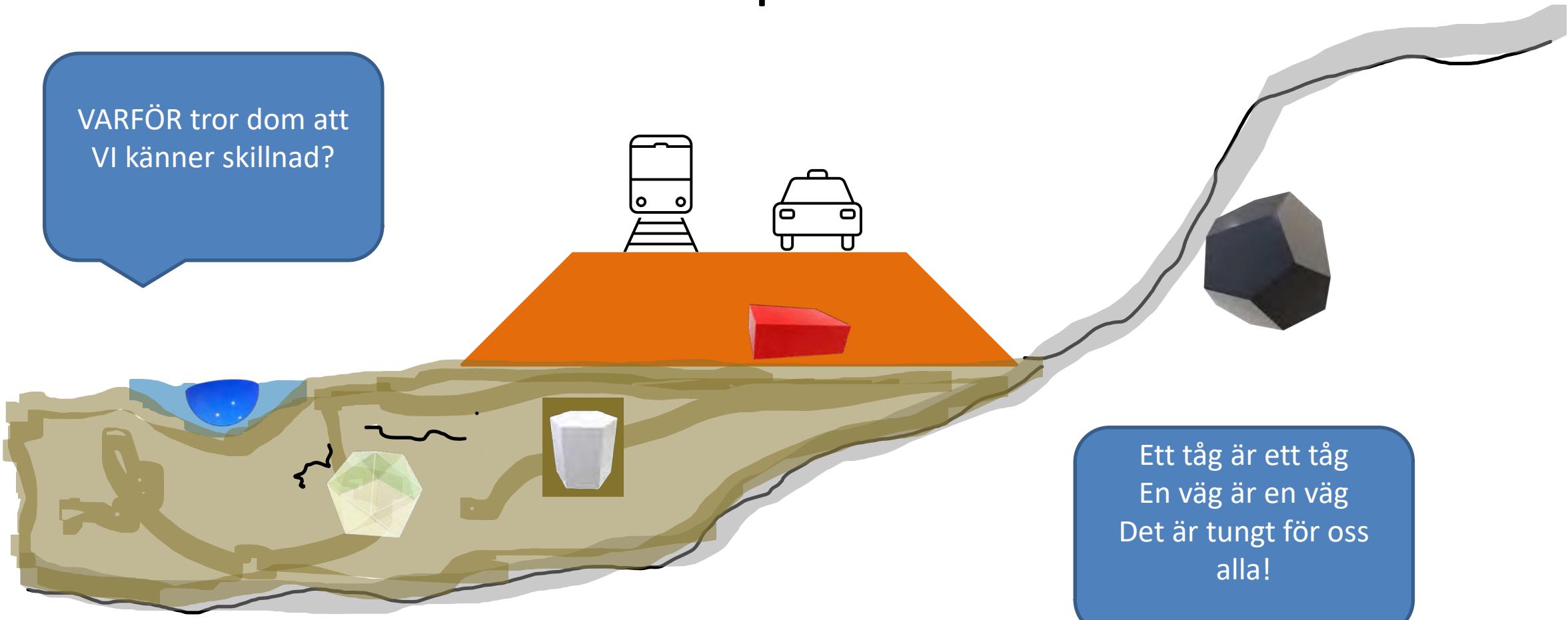


Summering av kvällen

TRANSPORTATION GEOTECHNICS

Transportation Geotechnics
Handlar om dessa kompisar och att de undrar..

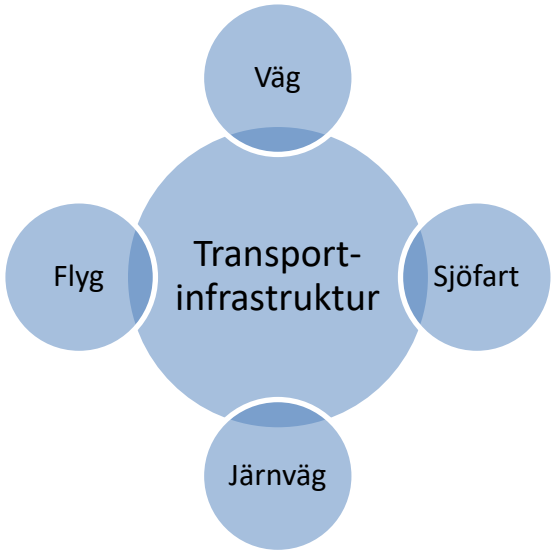
VARFÖR tror dom att VI känner skillnad?



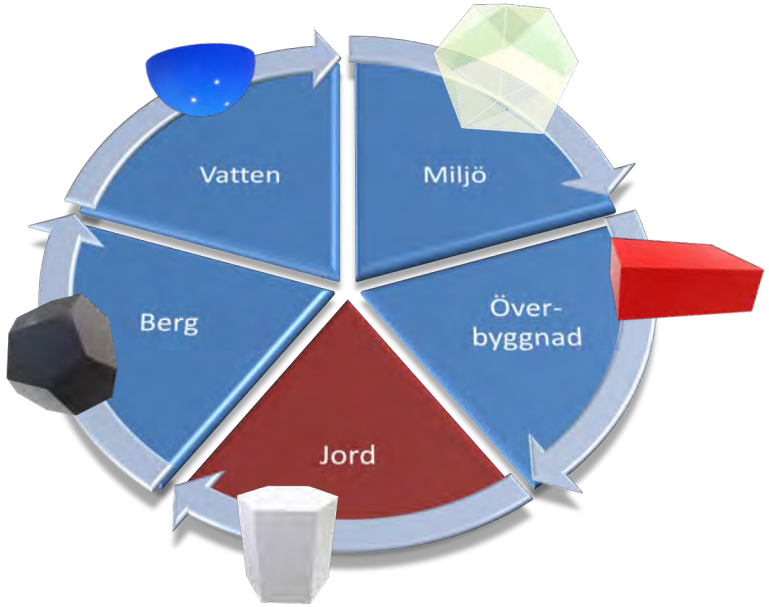
Ett tåg är ett tåg
En väg är en väg
Det är tungt för oss alla!

En bild av ”transportation geotechnics”

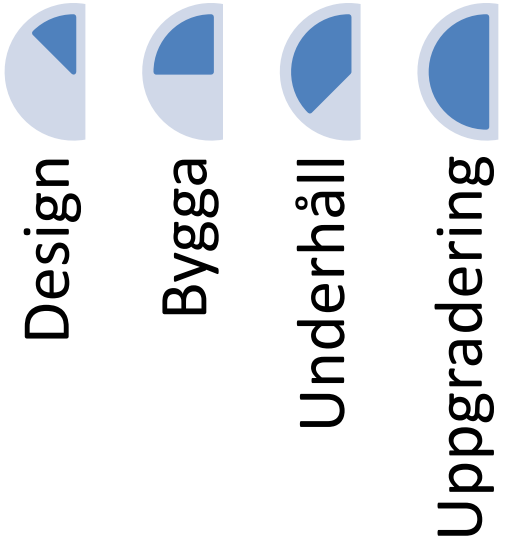
Fyra typer av transporter



Perspektiv



Tidsperspektiv



Likheter och olikheter
Samma kunskapsbas/erfarenhet kan användas

Knyta ihop systemet
Dela kunskap mellan teknikområden – minska ”tomrummet” (the Gap)

Livscykel
Tillämpa kunskap genom hela processen

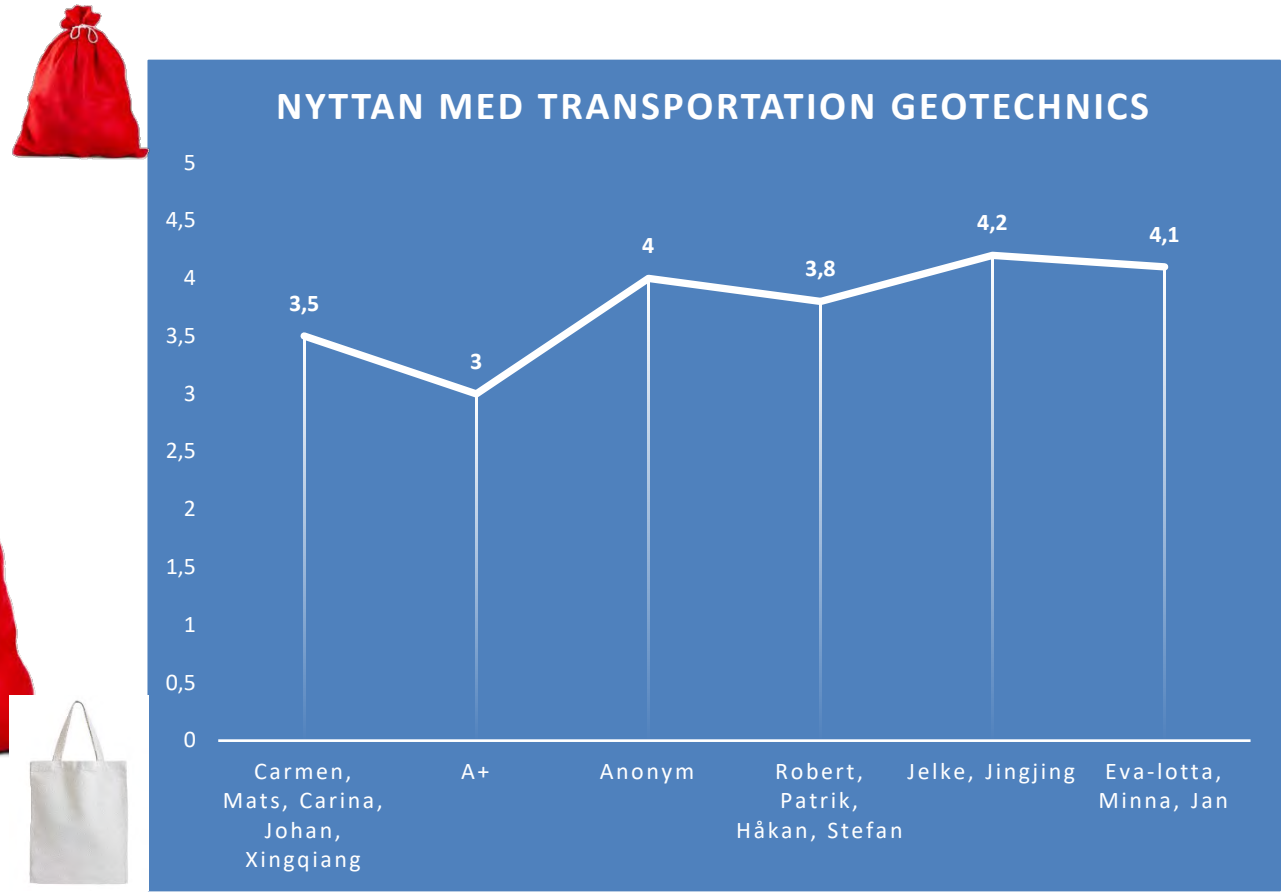
Nyttan

NYTTA

I vilken grad anser NI att "Transportation Geotechnics" skapar en nytta?

Ange med **ETT** kryss på linjen
var mellan påse och julklappssäck nyttan är enligt er





Vilken är den enskilt största nyttan med Transportation Geotechnics?

[Ni ska enas om EN som är störst]

STÖRSTA nyttan

- Bättre helhetssyn, systemetänk
- Systemet är det enda viktiga. Delarna har inget riktigt egenvärde
- System hantering

- Samverkan mellan samtliga tekniker. Arbeta bort "gränserna" mellan tekniker och lärosäten.

- Minimera suboptimering

- We can be identified as a "special" part of geotechnics



KATALYSATORER



Ansökan

En tydlig ansökningsprocess för tvärvetenskapliga projekt

Krav på flera ämnesområden vid forskning (jord, berg, miljö, eller sammarbeta KTH+CTH)

Samverka

Samverkan mellan Trv och akademin för tvärvetenskapen

Praktisera hos varandra (gå på varandras möten)

Mutal trust & respect

Våga fråga!

Helhet - system

Jobb i produktionsnära projekt (där kommer allt!)

Systemlösning på problem

Broad well derifned research questions

Typ av forksning

Scientific projekt TRL 2-3

Pilotprojekt

BONUS

Complementary skills that are world class!

FINANSIERING

Money and Reduced cofinancing %

Money, money…. Stimulate projects with cash bonus

Hur skapar vi mer tvärvetenskaplig samverkan mellan teknikområdena?

[vilket är en förutsättning för Transportation Geotechnics]

Ange de 3 viktigaste katalysatorerna

Transportation Geotechnics – Vatten
Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
Diskussion



TRANSPORTATION GEOTECHNICS VATTEN

Branschsamverkan i Grunden

BIG - Branschsamverkan I Grunden
VIP-möte 2023

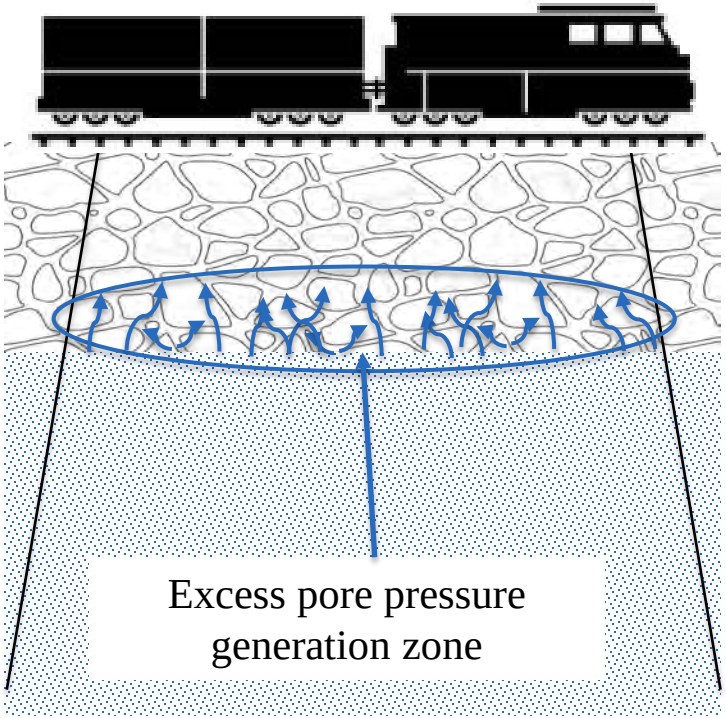
Pore water pressure generation in subgrade soils under cyclic loading

Jan Laue, Tan Manh Do

TRAFIKVERKET

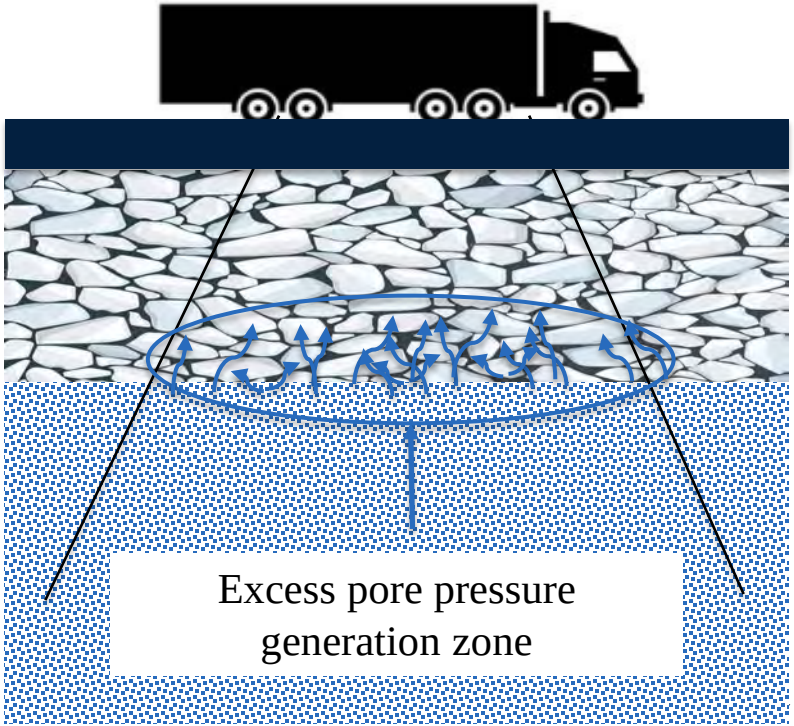
LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

Research background



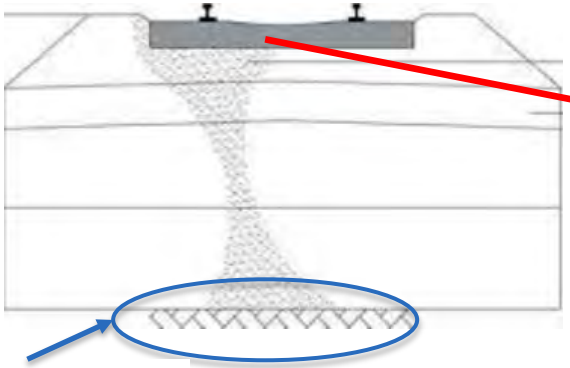
Railway

Saturated subgrade

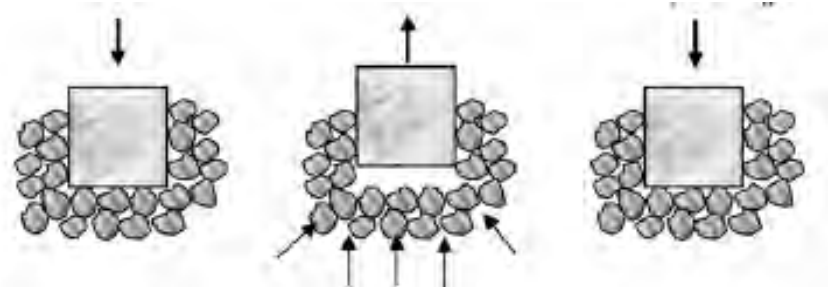


Pavement

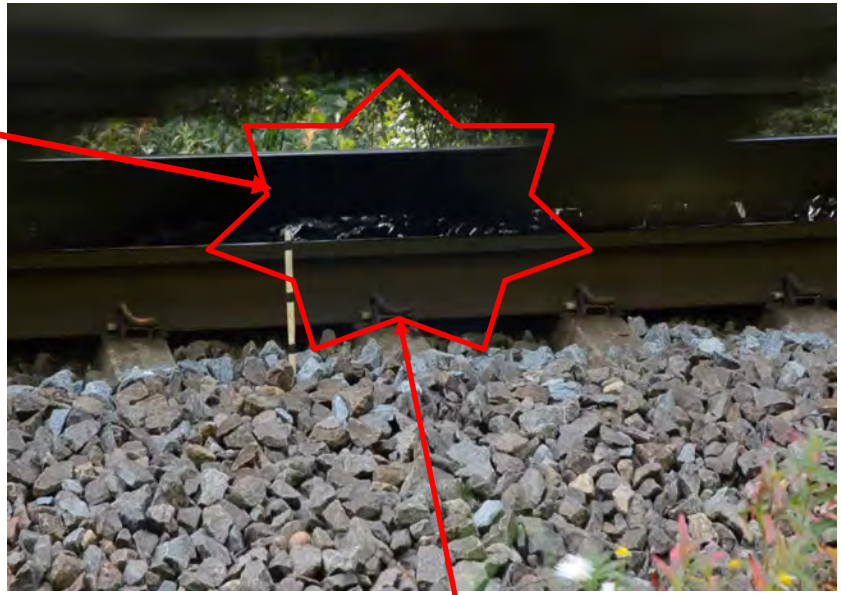
Research background



Excess pore pressure generation zone



Tadatoshi 1977



Mud pumping area (Trafikverket)

Research background



Mud pumping



- Clogging of pores
- Reducing the drainage capacity
- Reducing shear strength

→Increase maintenance costs

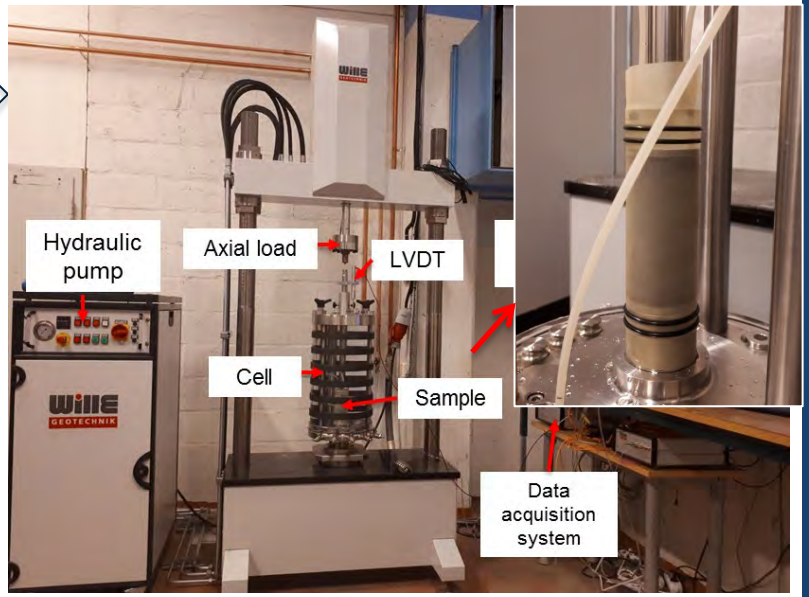
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Research objective 1

Excess pore pressure generation in fine granular materials-A laboratory study

cyclic loading

Pore water pressure generation in subgrade soils- A numerical study



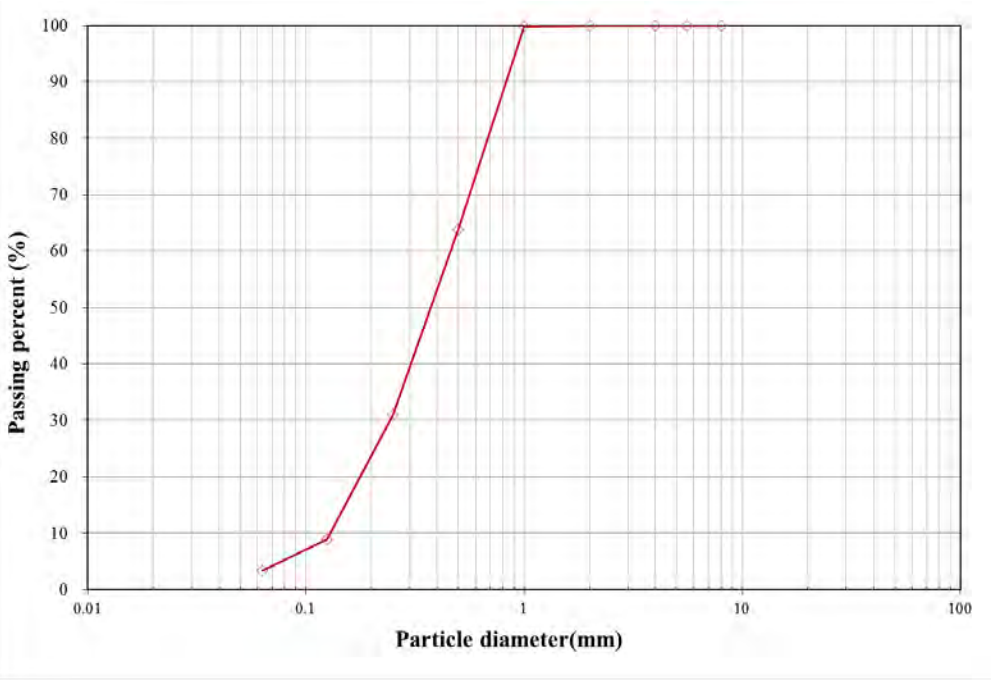
Triaxial system

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Materials

Mesh 1 mm

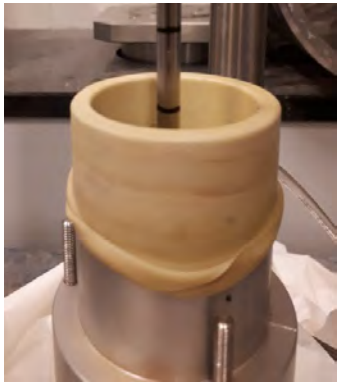




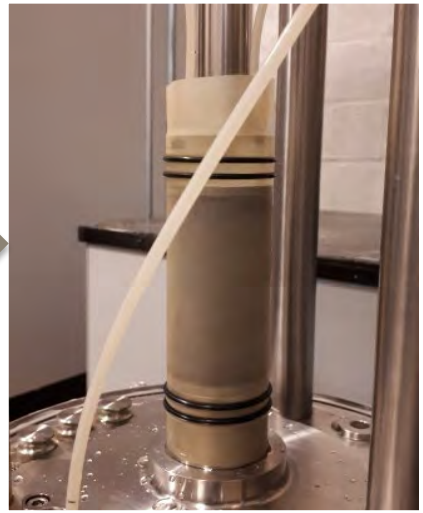
Particle size distribution curves of materials from Inlandsbanan

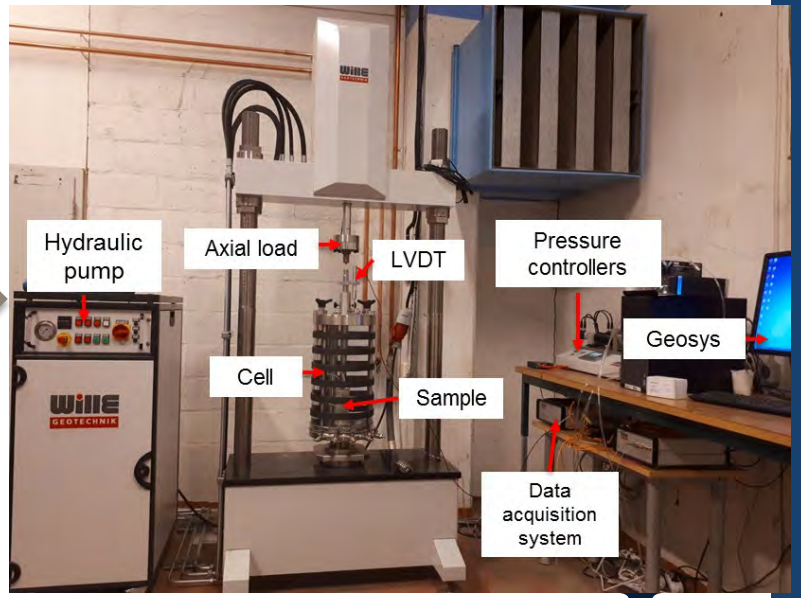
Sample preparation

Railway sand



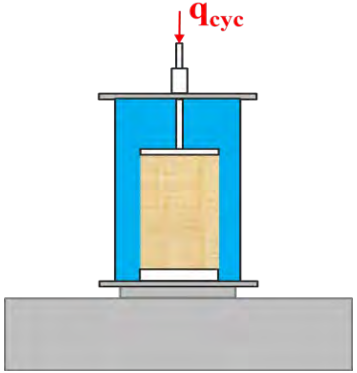
Moist Tamping

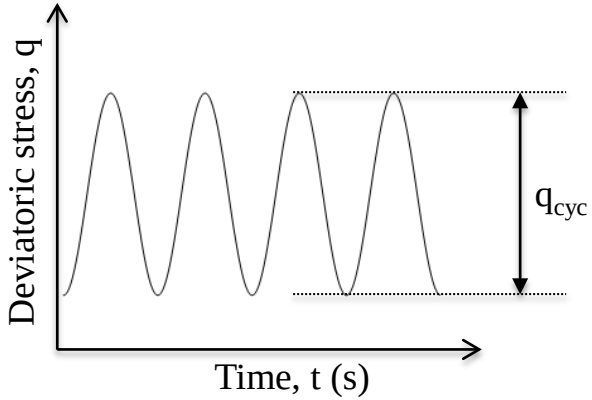


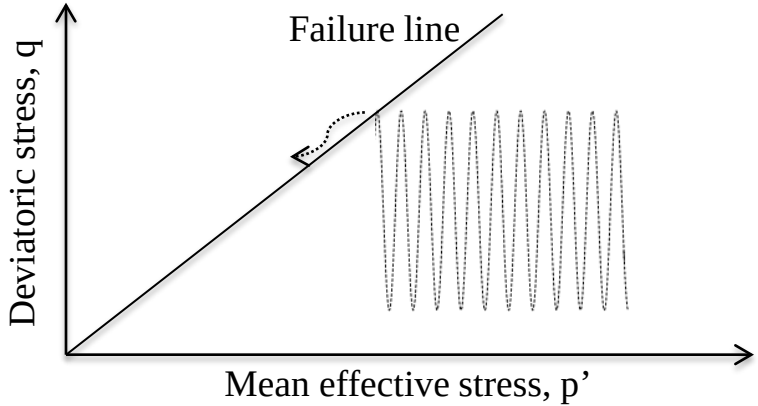


LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Experimental program







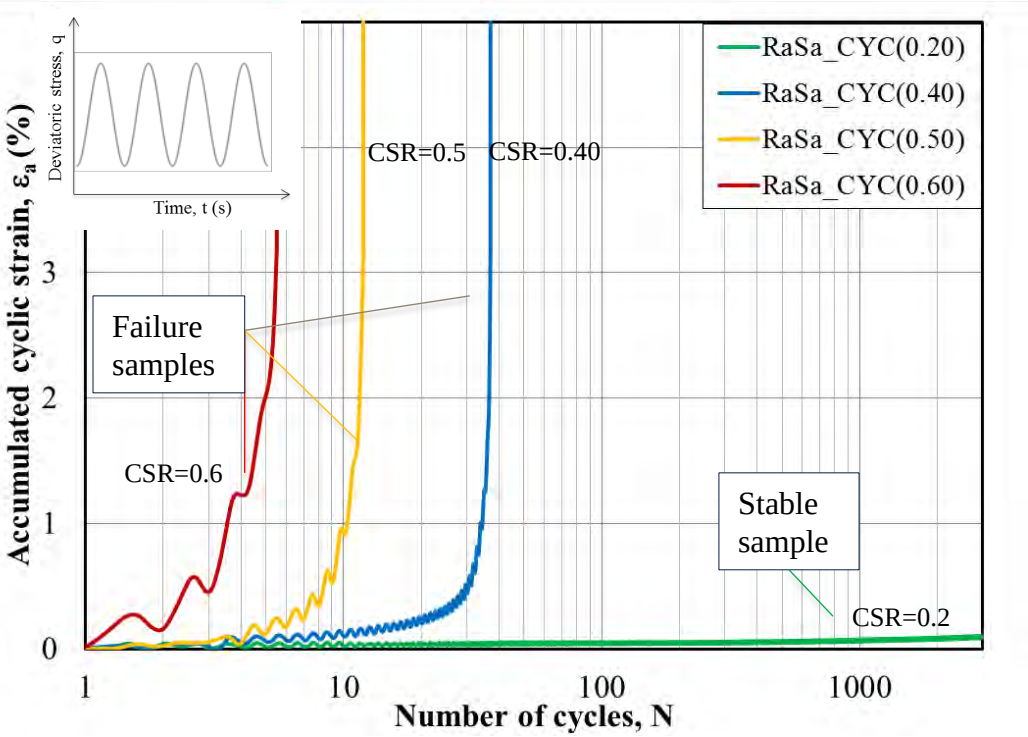
$$CSR = \frac{q_{cyc}}{2 \times \sigma_c'}$$

Cyclic stress ratio (CSR):
Railway sand: CSR = 0.2-0.60

Confining pressure σ_c' = 30 kPa

Frequency f = 1 Hz

Cyclic strain response



Selected cyclic triaxial test results results (RD=84%)

Samples after the undrained cyclic triaxial tests



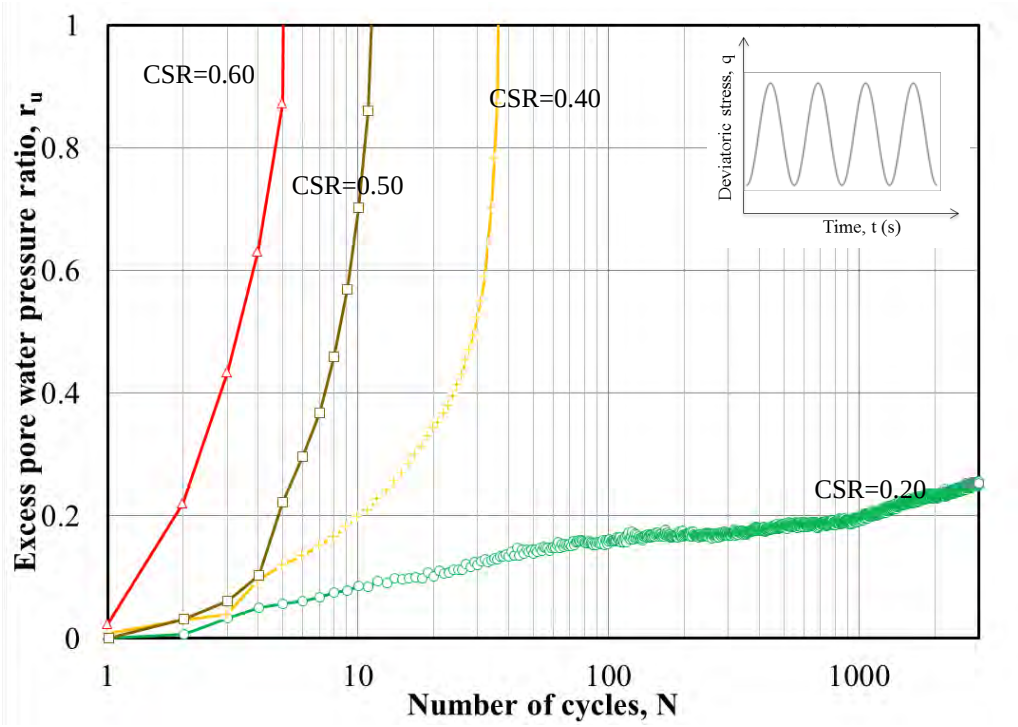
Failure sample



Stable sample

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Cyclic excess pore water pressure (PWP) response



Selected cyclic excess PWP, $r_u = \frac{\Delta p_w}{\sigma'_{v0}}$

(Excess PWP ratio r_u=1 failure)

Samples after the undrained cyclic triaxial tests



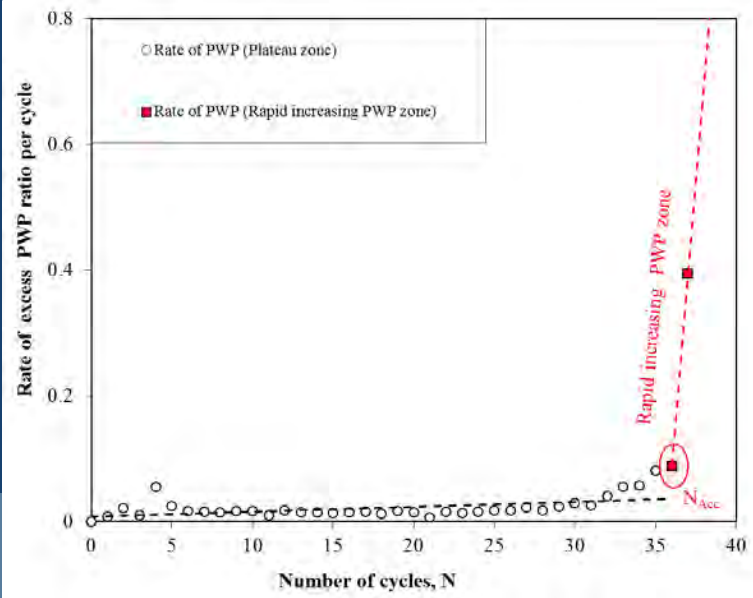
Failure sample



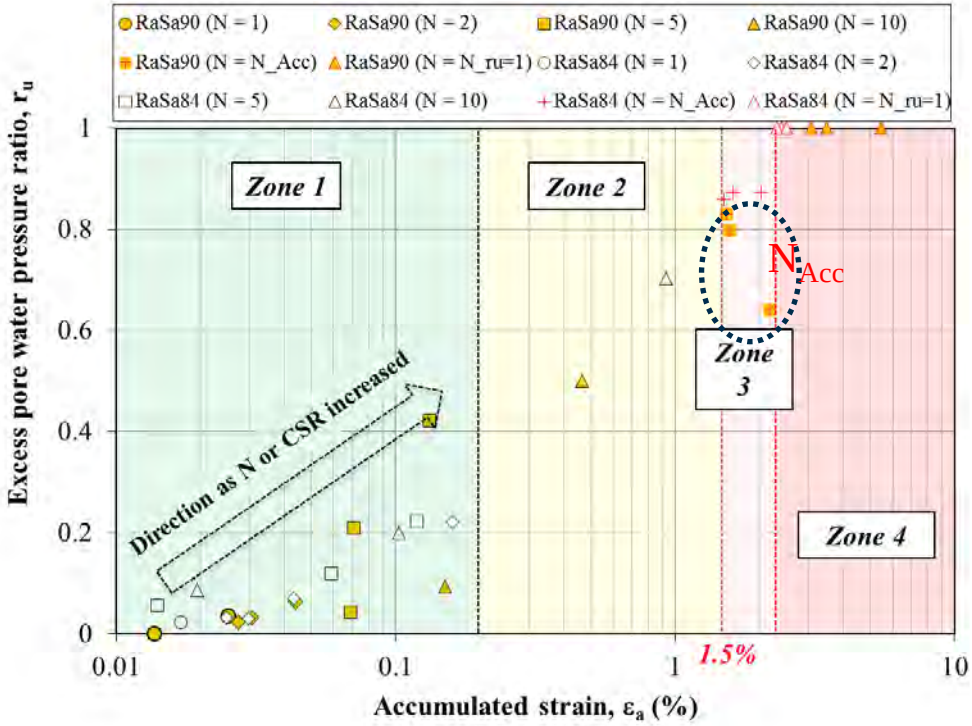
Stable sample

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Excess PWP and accumulated strain



Typical rate of residual excess pore water pressure ratio



Proposed excess PWP build-up versus accumulated strain

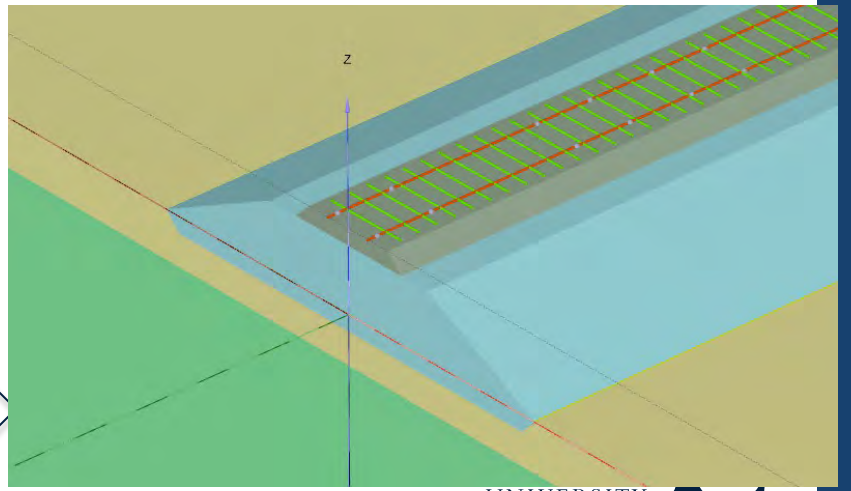
Research objective 2

Excess pore pressure generation in fine granular materials-A laboratory study

Under cyclic loading

Pore water pressure generation in subgrade soils- A numerical study

FEM



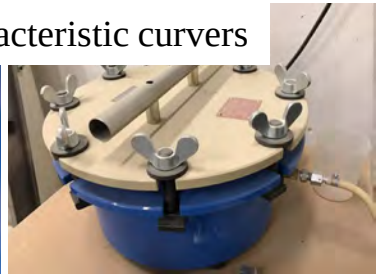
Methodology

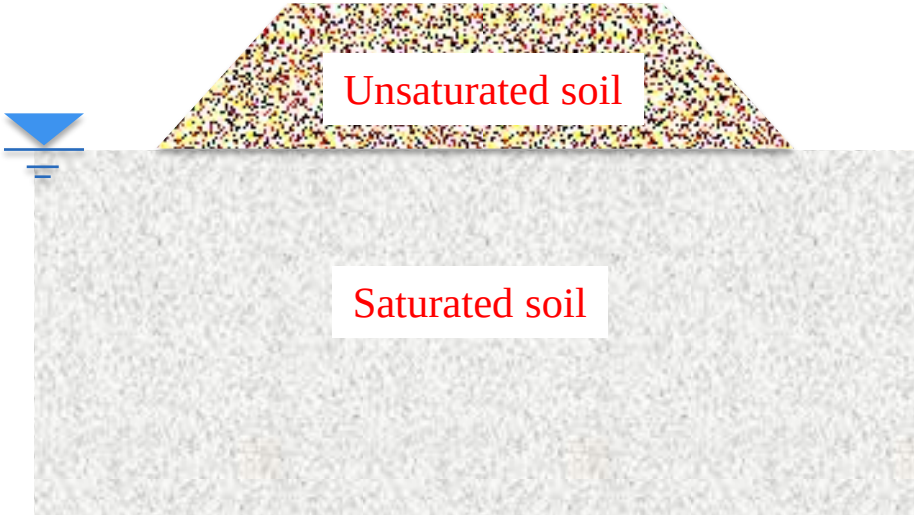
Pore water pressure generation in subgrade soils under cyclic loading

A case study

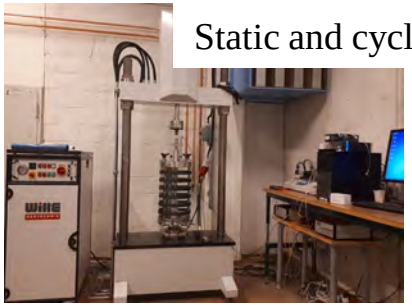
Soil water characteristic curvers

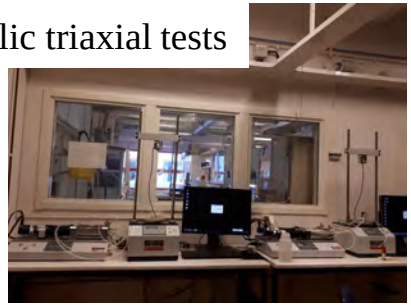






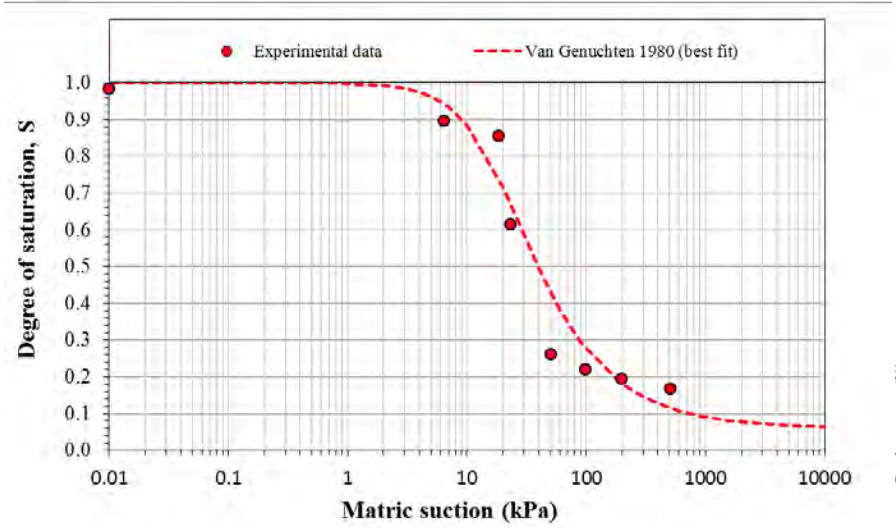
Static and cyclic triaxial tests





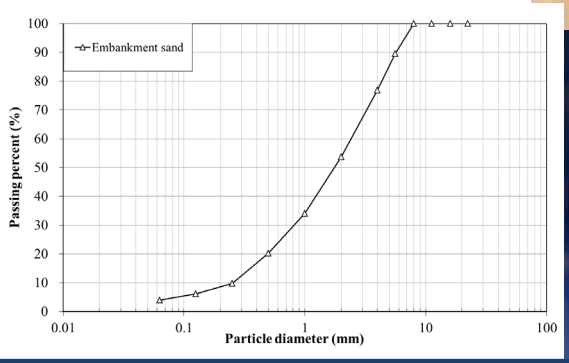
Methodology

Unsaturated soil
(UBCsand coupled van Genuchten)



LAB & Calibration

Curve fitting

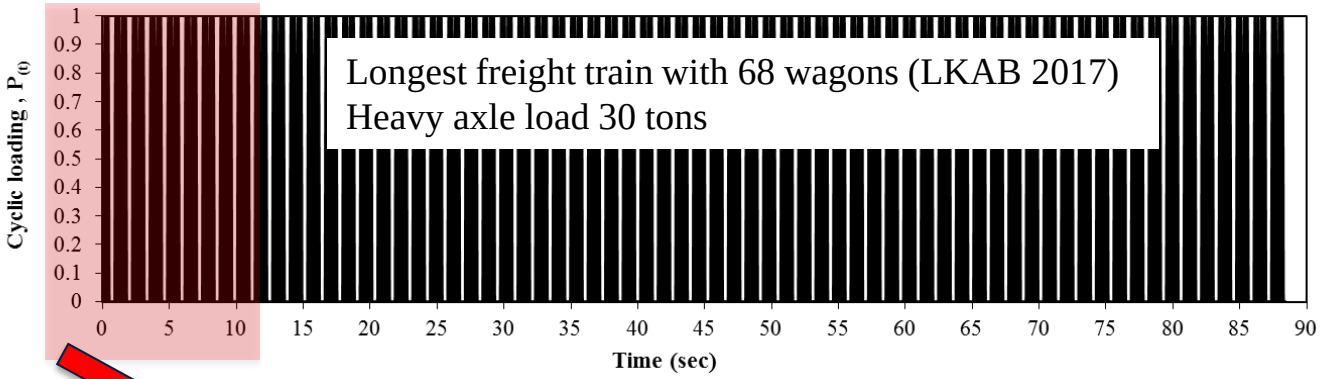


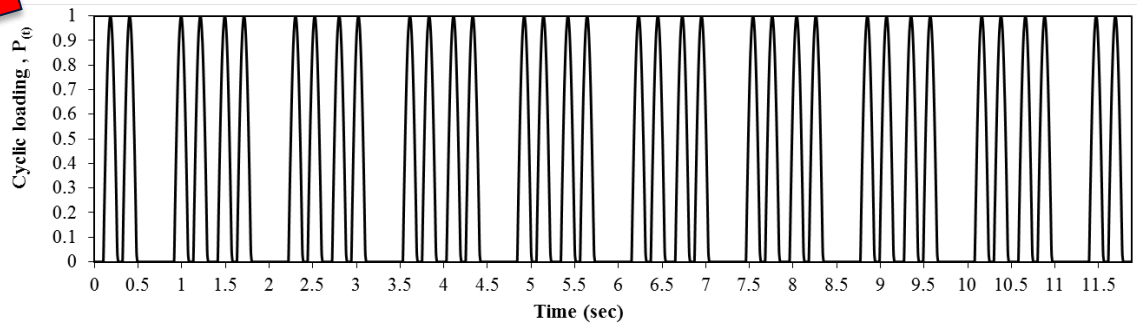


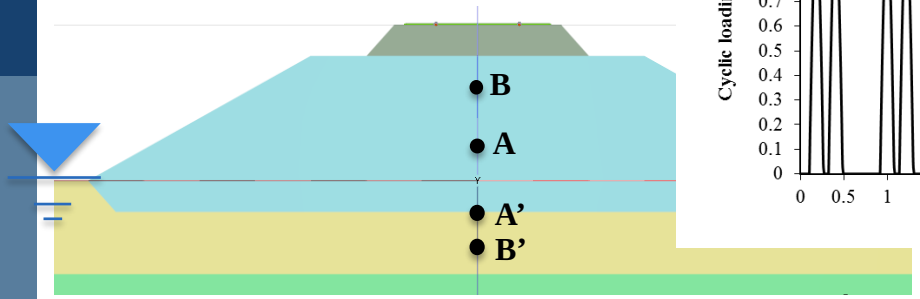


Methodology



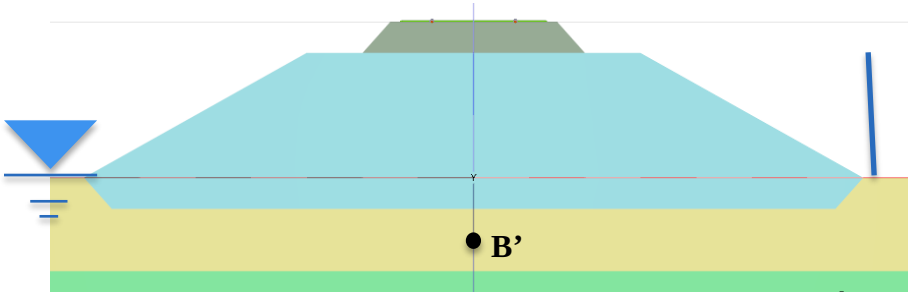






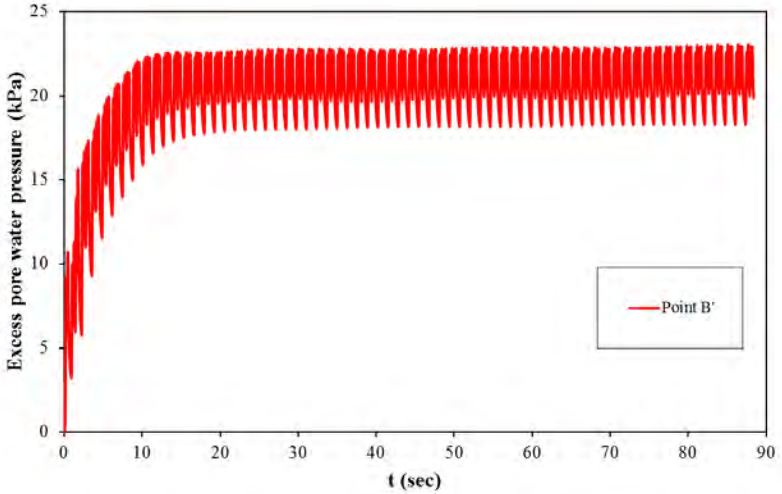
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

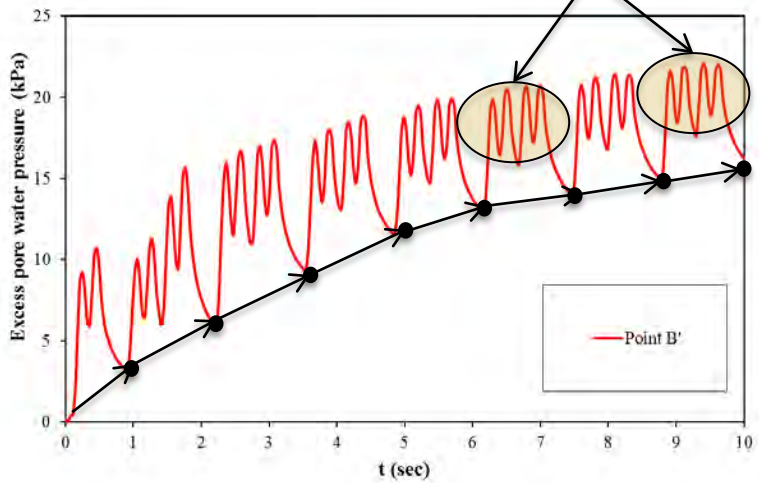
Pore water pressure generation in saturated soil



H = 2m above GS

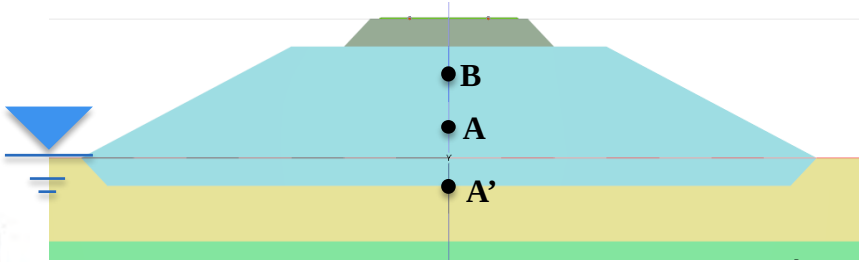
M-shape

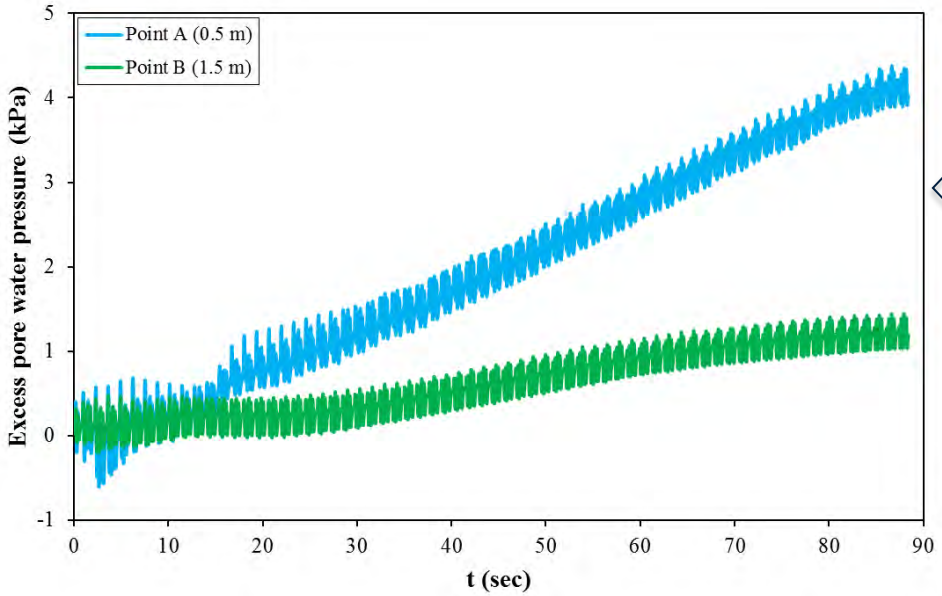


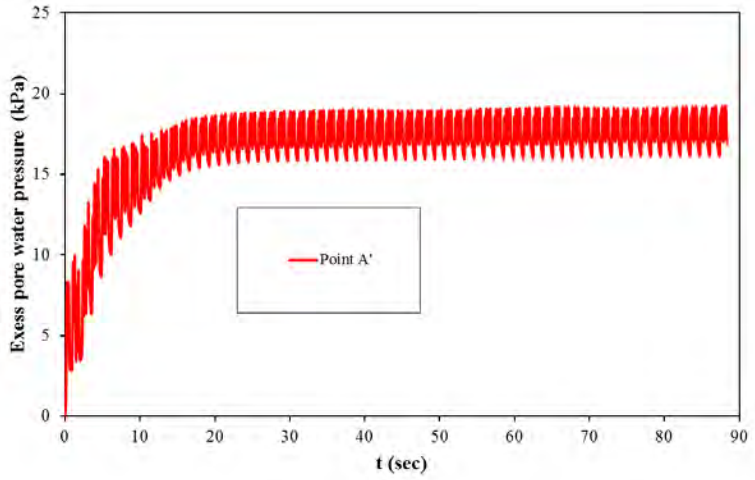


Concept of excess pore water pressure build-up during train passing

Pore water pressure generation in partially saturated embankment





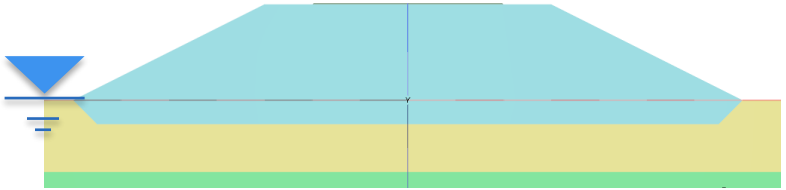


Practical implications

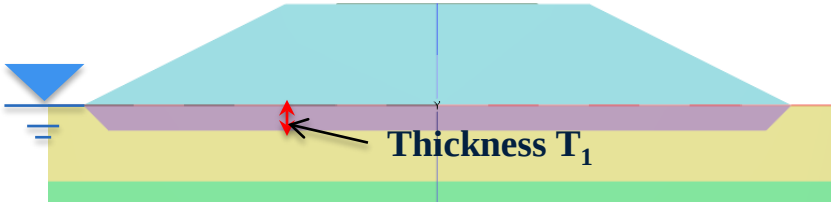
Mud pumping



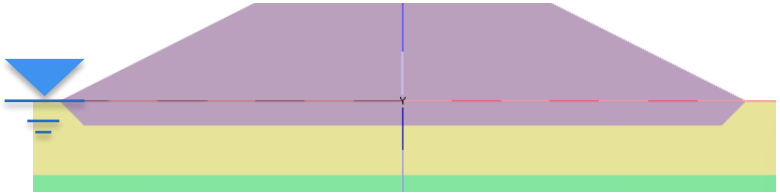
Original embankment



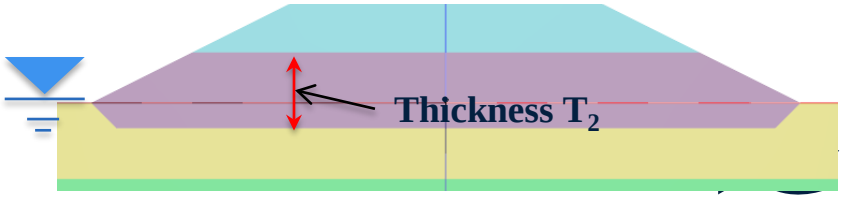
Partially fouled embankment



Fully fouled embankment



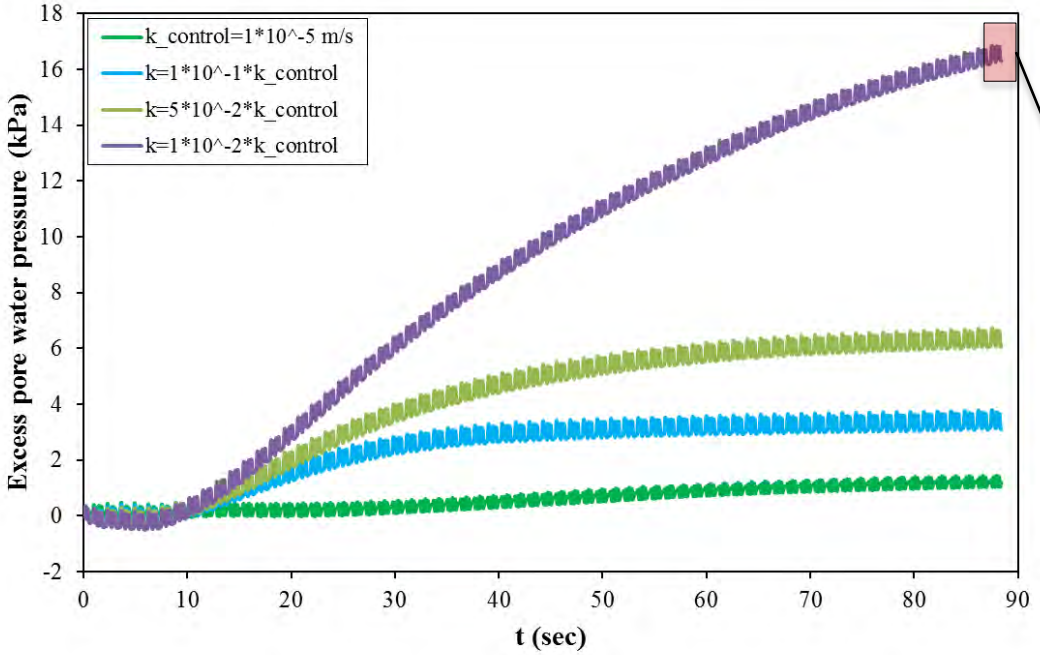
Partially fouled embankment

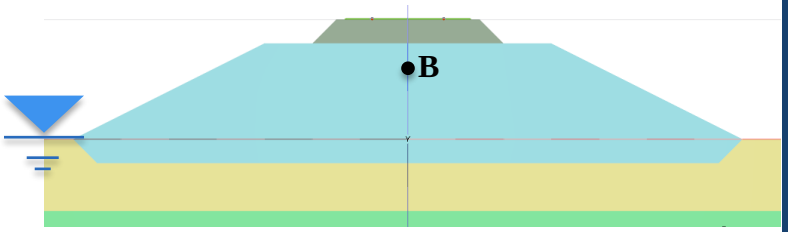


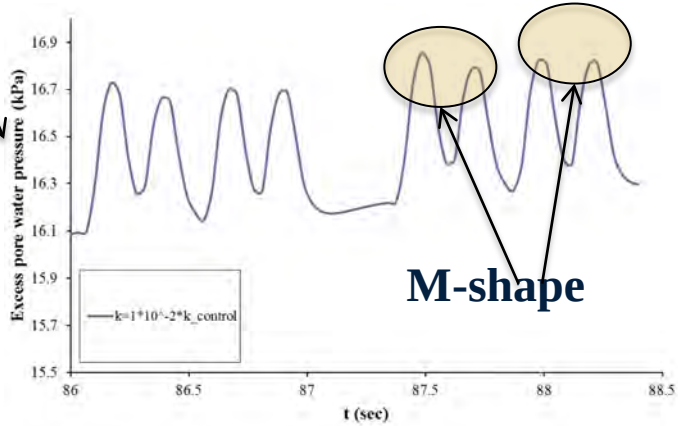
Fouled = pores already filled with pumped up fines

Practical implications

Point B

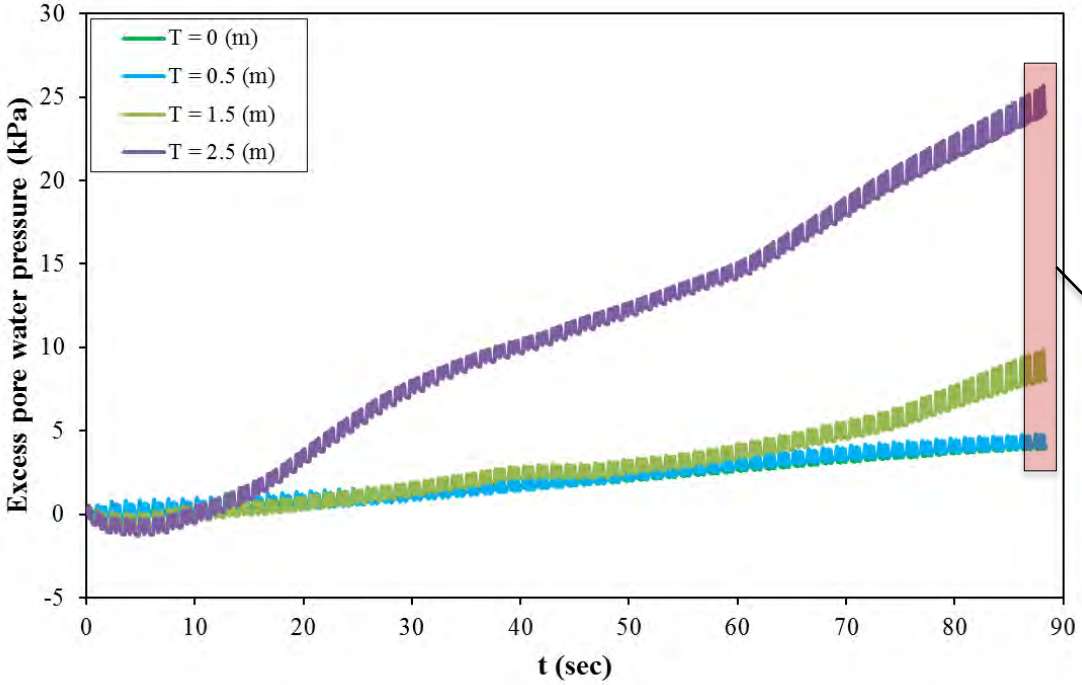


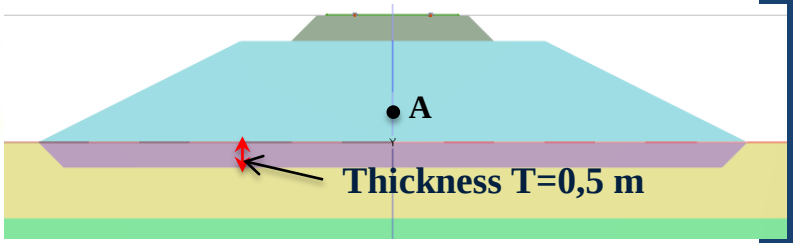


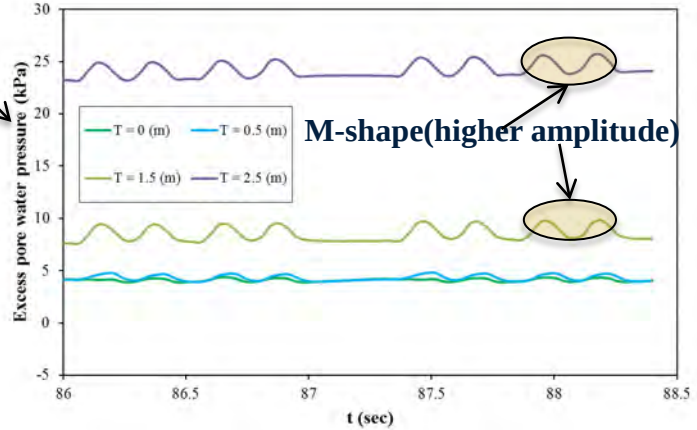


Practical implications

Point A







Research objective 3

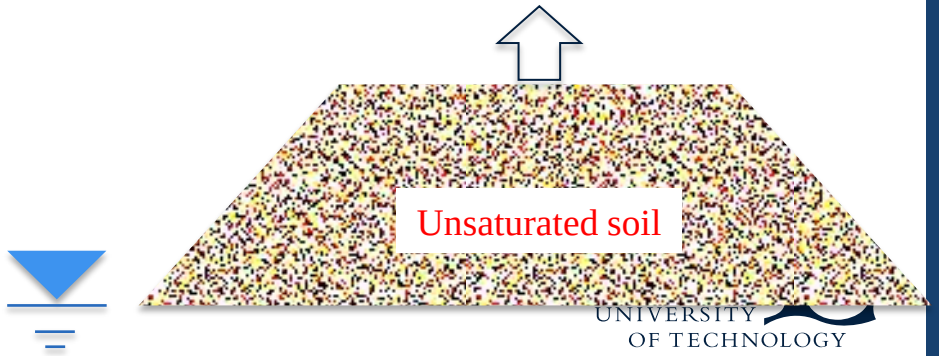
Excess pore pressure generation in fine granular materials-A laboratory study

Under cyclic loading

Pore water pressure generation in subgrade soils- A numerical study

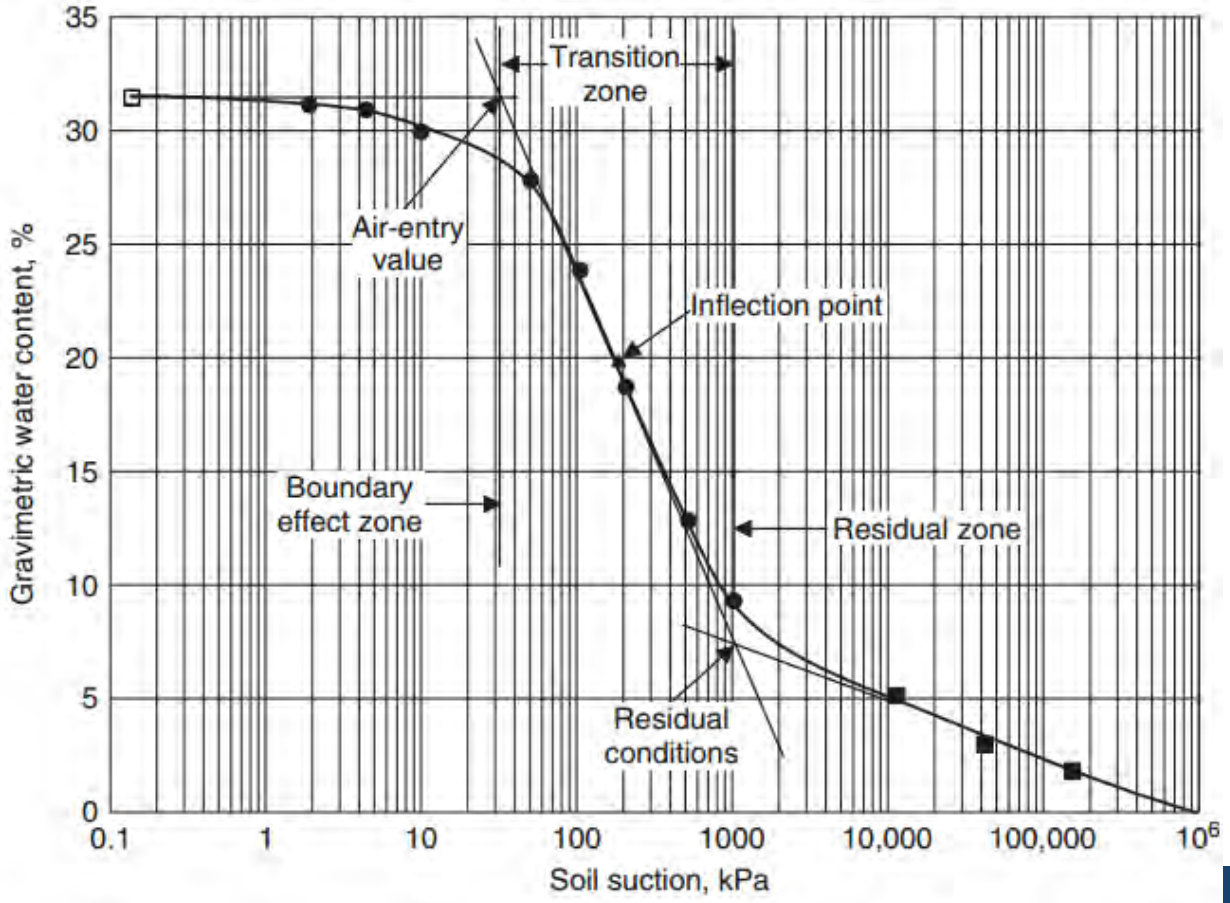
How unsaturated soil characteristics affect to pore water pressure generation:

- **Air entrance values**
- **Rate of water extraction**
- **Residual saturation**



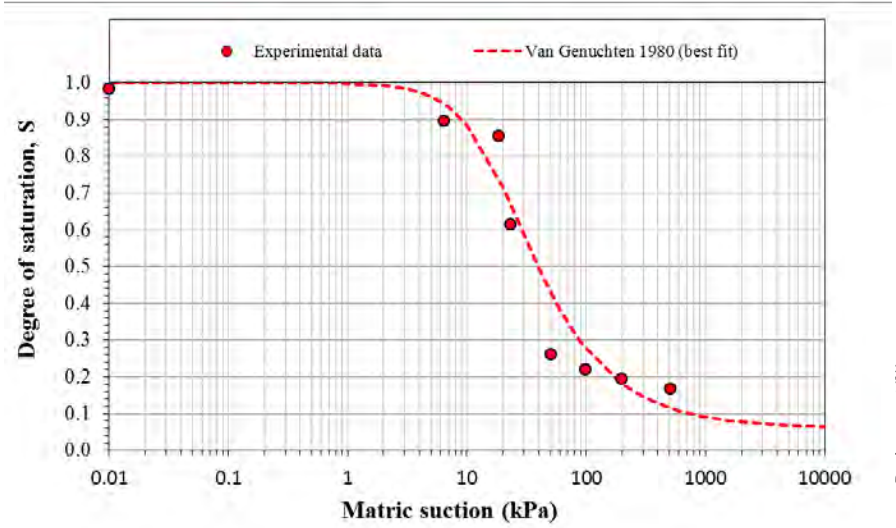
Research background

Fredlund, H. et al., 2012



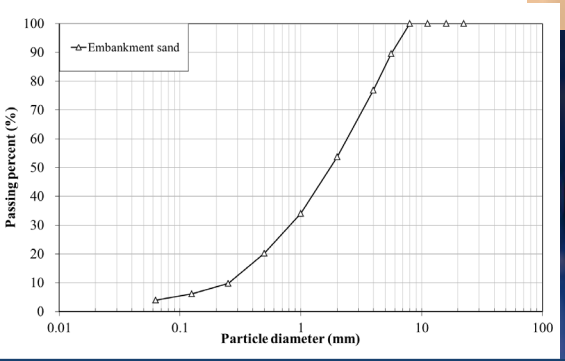
Methodology

Control case



LAB & Calibration

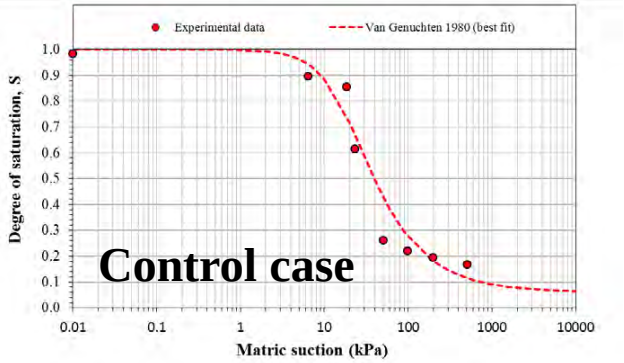
Curve fitting



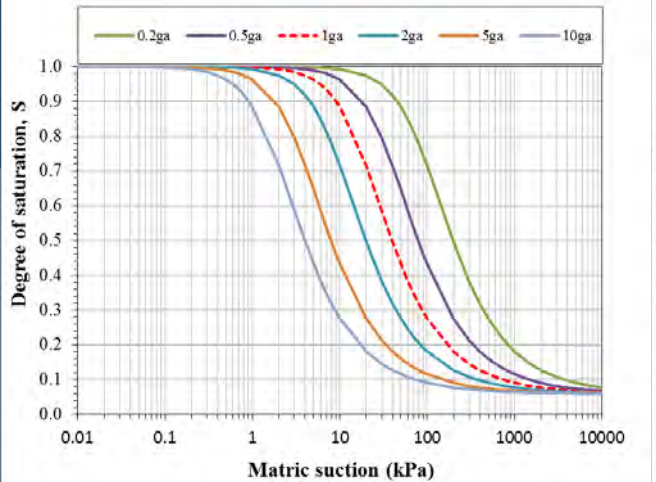




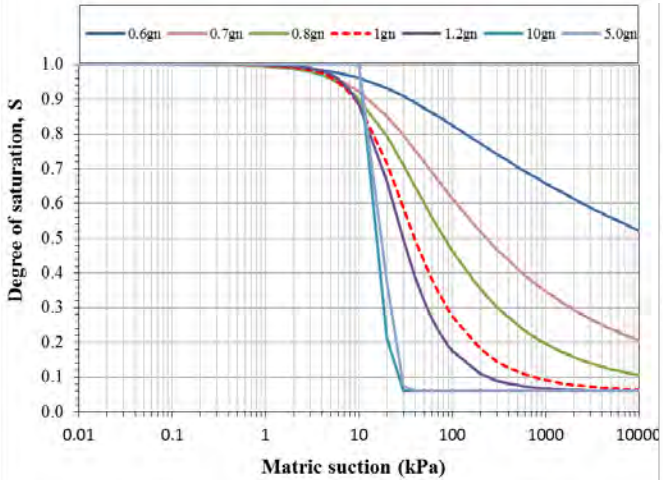
Methodology



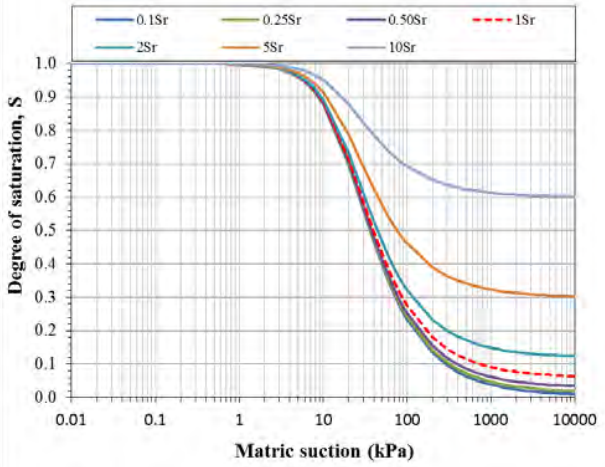
Effects of air entrance values



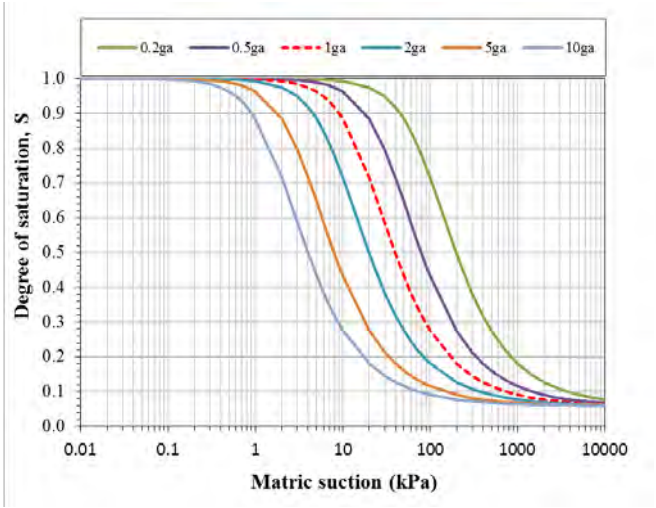
Effects of Rate of water extraction

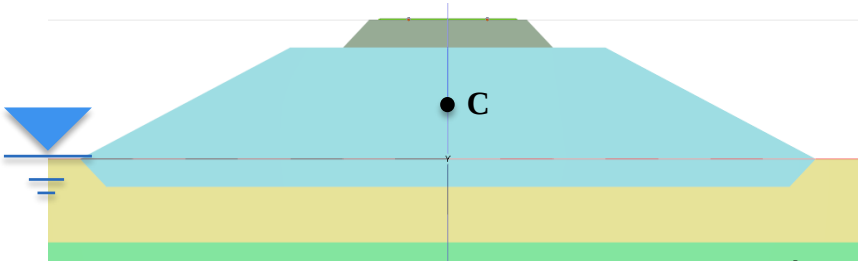


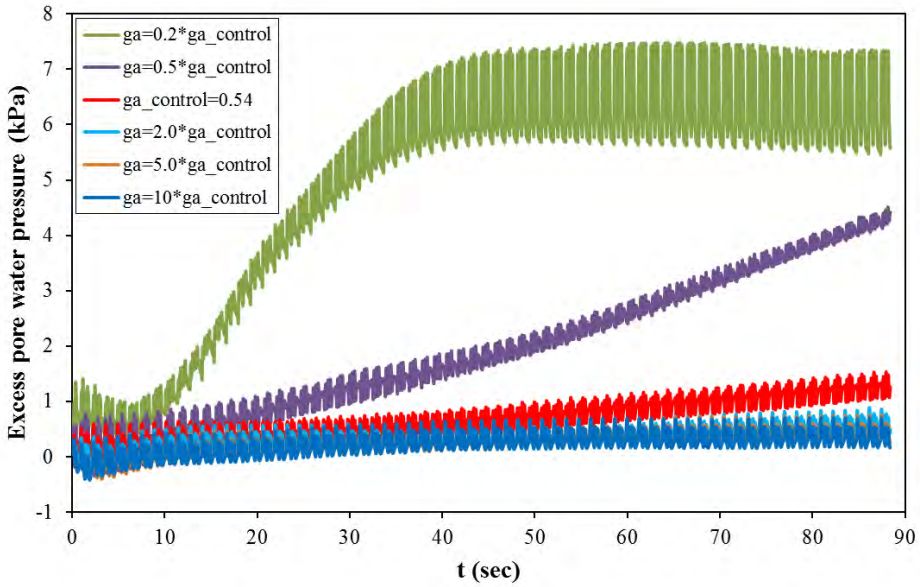
Effects of Rate of Residual saturation



Effects of air entrance values

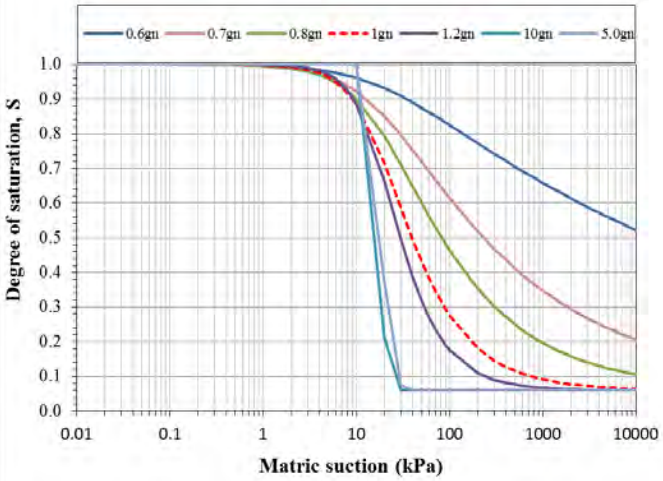


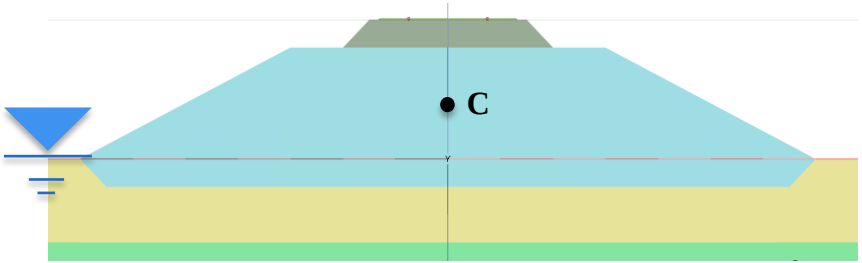


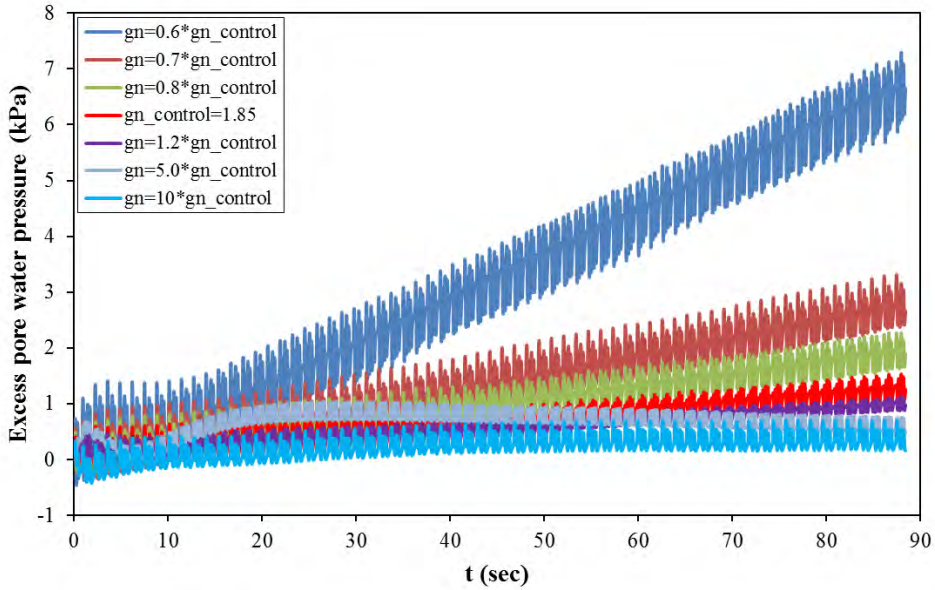


Point C

Effects of Rate of water extraction

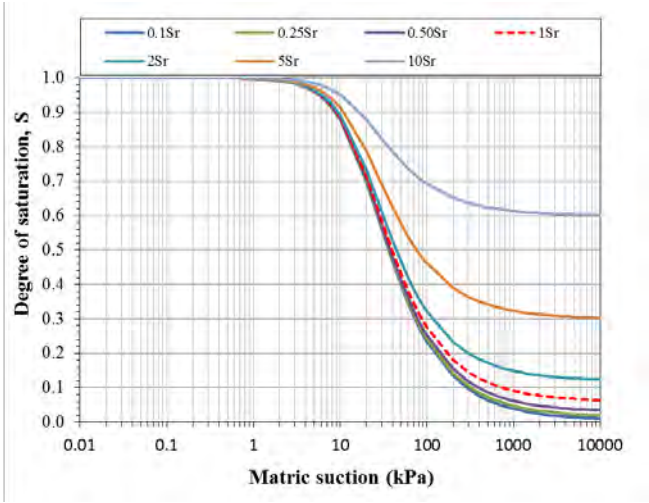


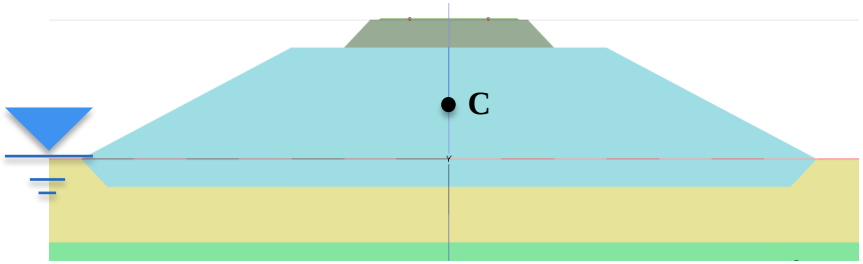


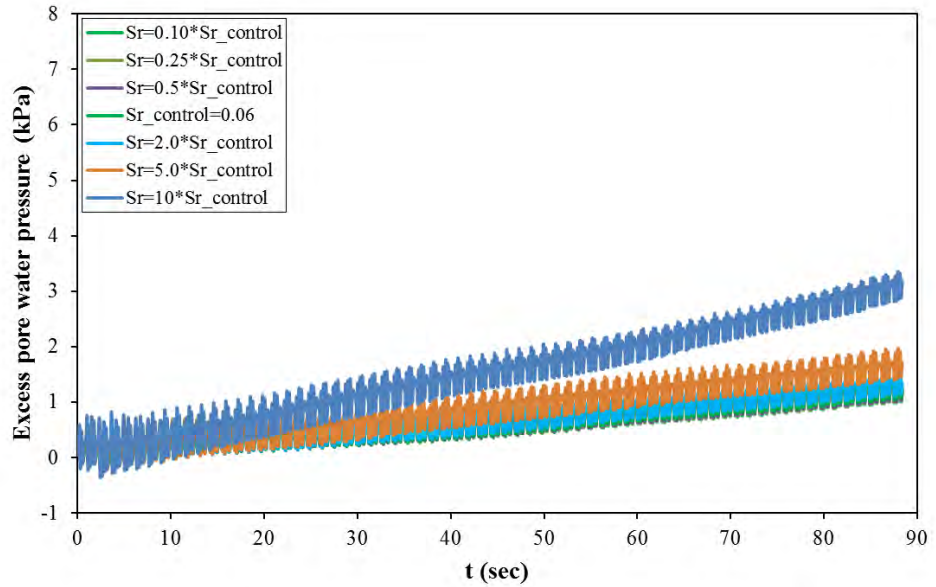


Point C

Effects of Rate of Residual saturation







Point C

Summary

- From cyclic triaxial tests (LAB)

- Excess PWP and axial strain accumulates over time due to cyclic loading

- The accumulations are significantly dependent on CSR

- Relationship between excess PWP and accumulated strain is proposed

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Summary

- From numerical studies

- Excess pore water pressure build-up during train passing: both saturated and unsaturated zones

+ Saturated zone: fast and significant build-up excess pore water pressures

+ Unsaturated zone: less than in the saturated zone

→ but excess pore water pressures can still built-up depending on the embankment conditions

→ Unsaturated soil characteristics (Air entrance values, Rate of water extraction, Residual saturation) also affect to pore water pressure generation.

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

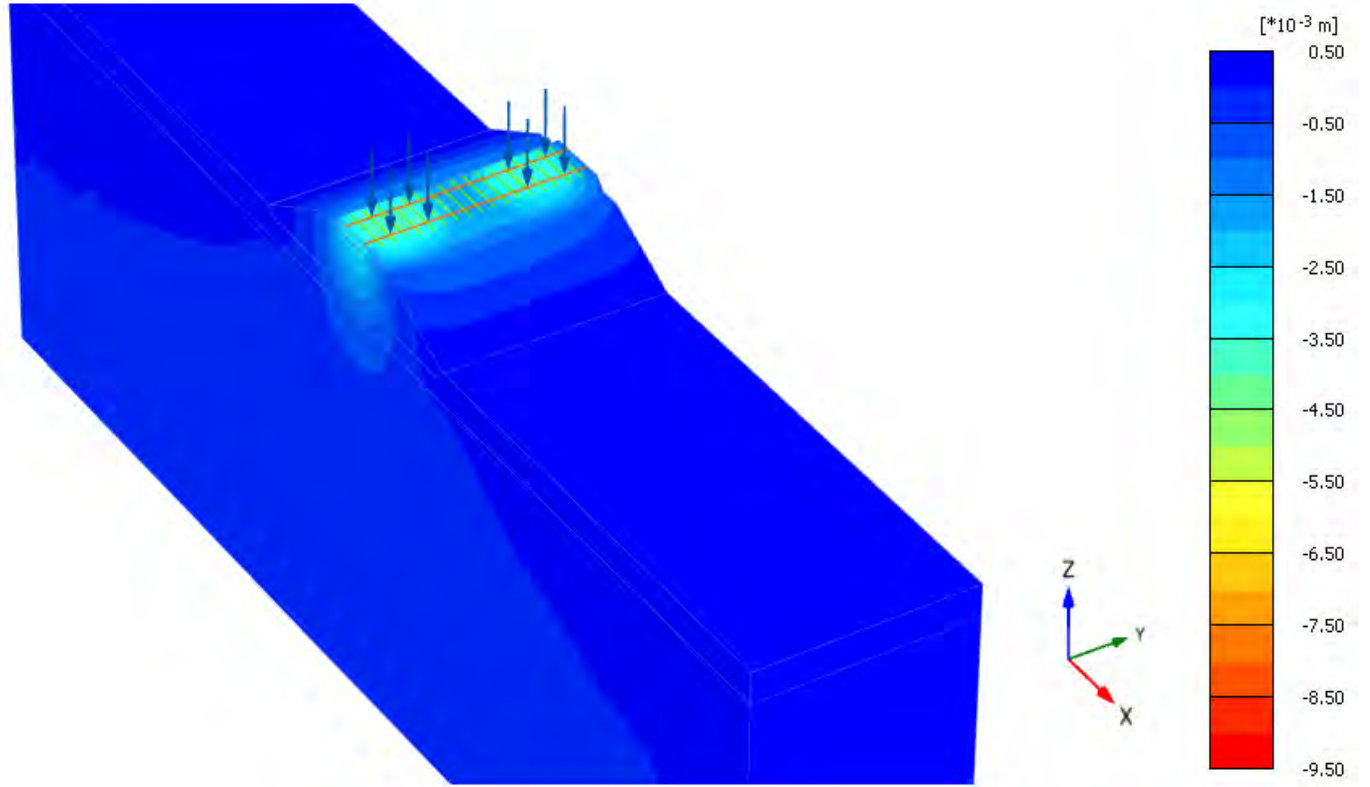
Summary

- General importance

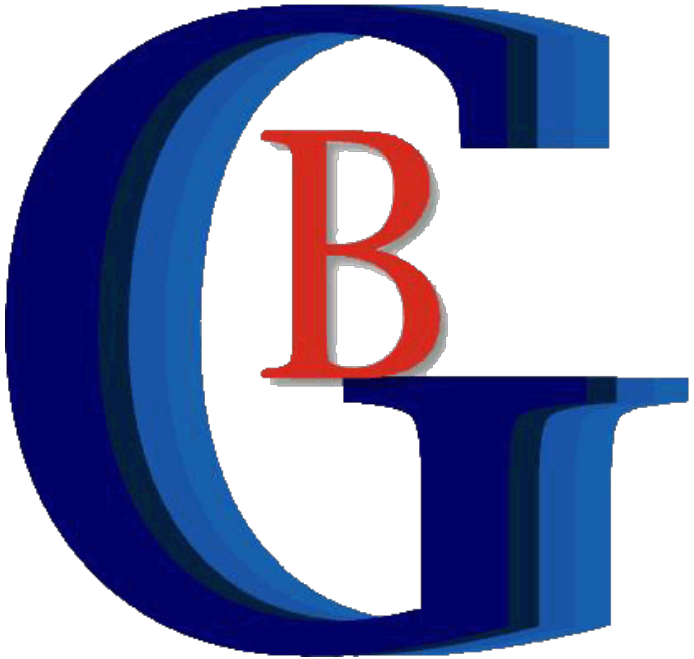
  - Water influence the overall behaviour of roads and tracks due to influence of dynamic loading
  - Dynamic loading can change the water condition during time and pumping can reflect in local change in soil material and in extreme to “erosion”
  - These effects should be taken into account in embankment design

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Further studies



Tack!



LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FOI-vatten

Christian Butron
Tekn.Dr, Specialist Hydrogeologi och Tätning

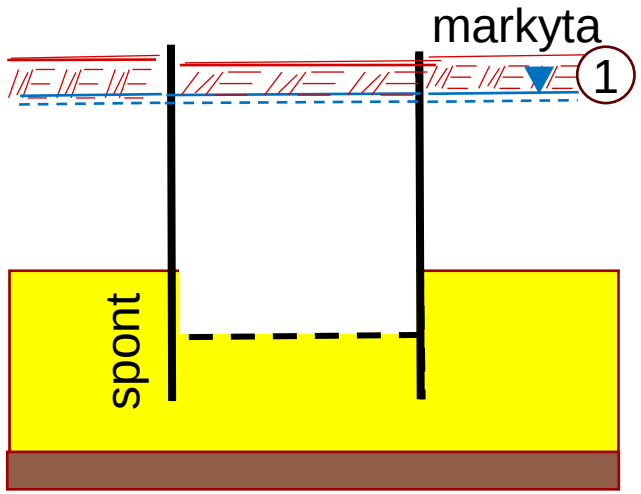
Hydrogeolog eller geohydrolog?



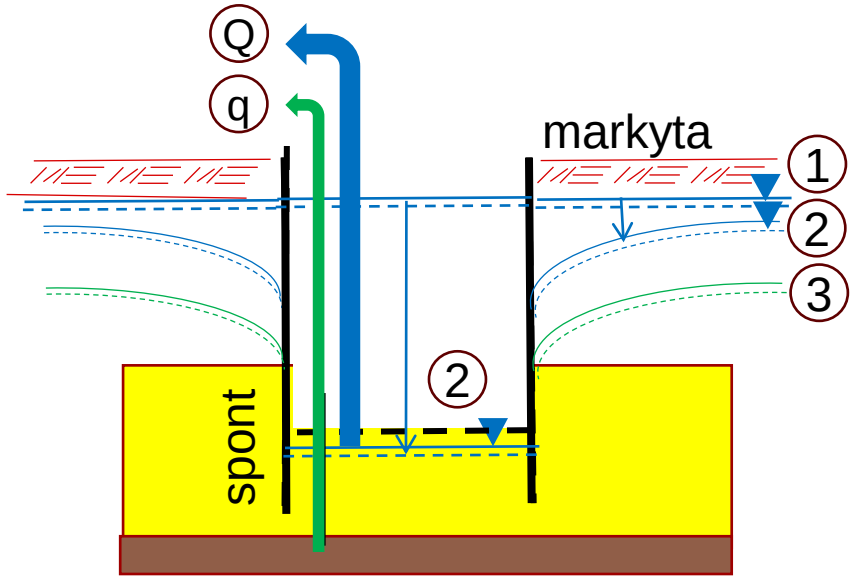


TRAFIKVERKET

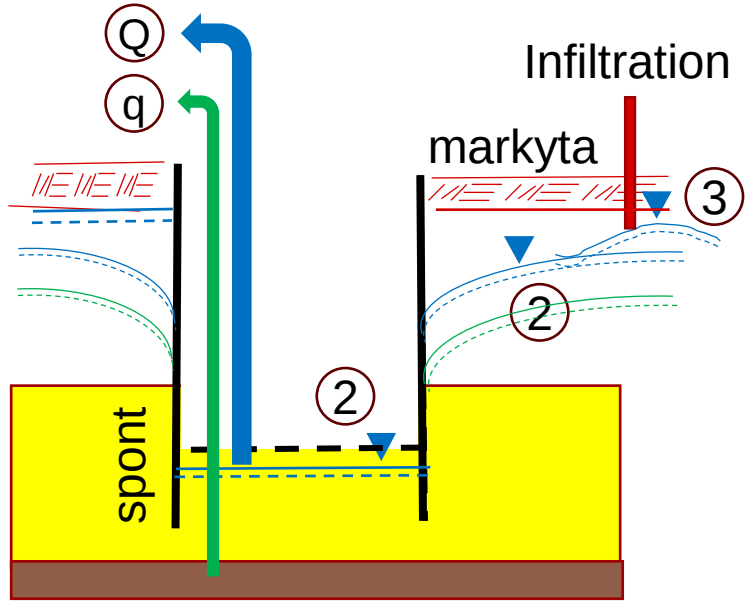
Grundvattensänknings principer öppen schakt



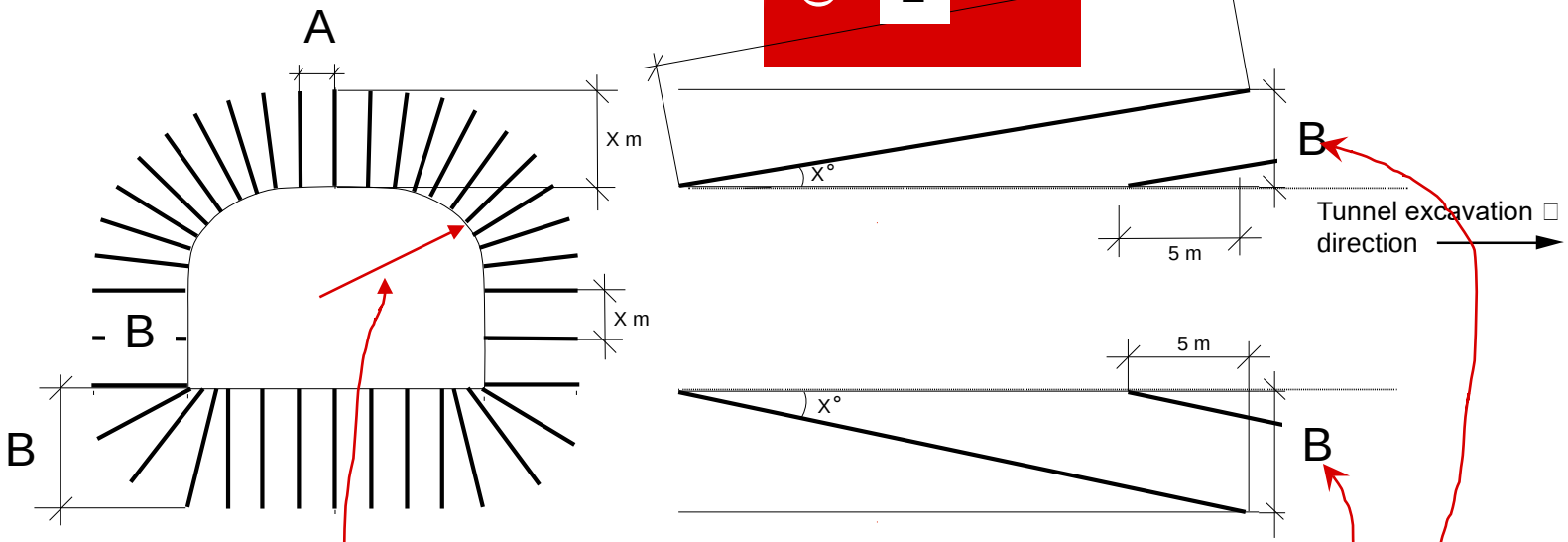
Grundvattennivå innan schakt, nivå vid 1.



Grundvattennivå ÖM sänks från 1 till 2. Ingen infiltration utanför spont. Grundvattennivå UM sänks från 1 till 3.

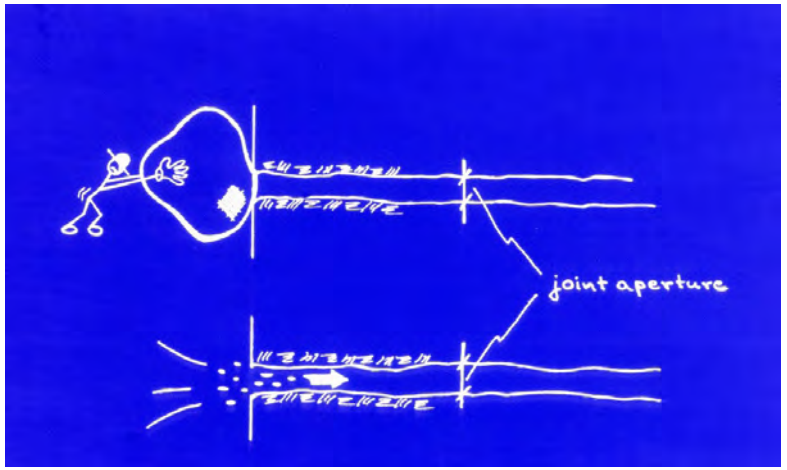


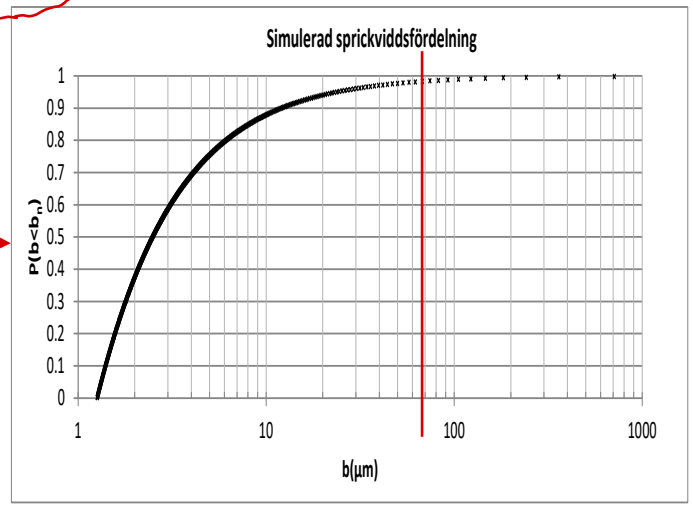
Grundvattennivå efter schaktning med infiltration, grundvatten sänks till 2 nära sponten och höjs till 3 med infiltration.



Skinfactor

$$q_{inj} = \frac{2 * \pi * H * \overline{K}}{\ln\left(2 * \frac{H}{r_t}\right) + \left(\frac{\overline{K}}{\overline{K}_{ini}} - 1\right) * \ln\left(1 + \frac{t}{r_t}\right) + \xi}$$





Inläckageberäknings principer tunnel

Vad säger lagen (Miljöbalken)

Tillstånds- och anmälningsplikt för vattenverksamhet

11 kap. **9 §** För vattenverksamhet krävs det tillstånd enligt denna balk, om inte något annat följer av bestämmelserna i detta kapitel. Den som vill bedriva vattenverksamhet får ansöka om tillstånd även om det inte krävs tillstånd för verksamheten. Oavsett vad som följer av 11-15, 19 och 23 §§, kan det för en viss verksamhet eller åtgärd krävas tillstånd enligt 7 kap. 28 a §. Lag (2005:571).

Definition

11 kap. **3 §** Med vattenverksamhet avses i detta kapitel

1. uppförande, ändring, lagning eller utrivning av en anläggning i ett vattenområde,
2. fyllning eller pålning i ett vattenområde,
3. bortledande av vatten från ett vattenområde,
4. grävning, sprängning eller rensning i ett vattenområde,
5. en annan åtgärd i ett vattenområde som syftar till att förändra vattnets djup eller läge,
6. bortledande av grundvatten eller utförande av en anläggning för detta,
7. tillförsel av vatten för att öka grundvattenmängden eller utförande av en anläggning eller en annan åtgärd för detta, eller
8. markavvattning. Lag (2014:114).

TRAFIKVERKET

Vad säger lagen (Miljöbalken)

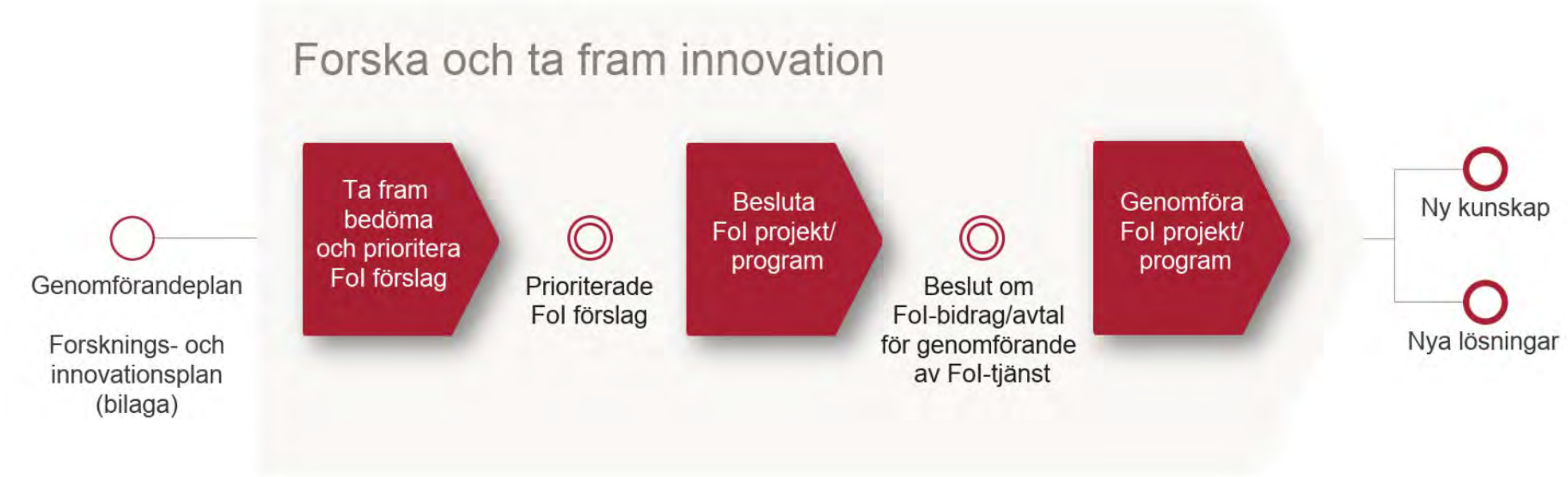
11 kap. **9 b §** Ansökan om tillstånd till vattenverksamhet prövas av mark- och miljödomstolen. Ansökan om tillstånd till markavvattning prövas dock av länsstyrelsen, om den inte ska prövas av mark- och miljödomstolen enligt 7 kap.19 eller 20 § lagen (1998:812) med särskilda bestämmelser om vattenverksamhet.

11 kap. **10 §** Om det krävs tillstånd till en vattenverksamhet, får arbeten av större omfattning i anslutning till verksamheten inte påbörjas innan tillstånd har meddelats.

11 kap. **11 §** Tillstånd enligt detta kapitel behövs inte för

1. vattentäkt för en en- eller tvåfamiljsfastighets eller jordbruksfastighets husbehovsförbrukning eller värmeförsörjning,
2. utförande av anläggningar för odling av fisk, musslor eller kräftdjur, eller
3. utförande av anläggningar för utvinning av värme, om åtgärden inte avser vattentäkt.

11 kap. **12 §** Tillstånd enligt denna balk eller anmälan enligt 9 a § behövs inte, om det är uppenbart att varken allmänna eller enskilda intressen skadas genom vattenverksamhetens inverkan på vattenförhållandena.



Syfte

Syftet är att genom forskning och innovation ta fram ny kunskap och underlag för nya produkter och tjänster för att nå långsiktiga mål i transportsystemet. Målinriktad FoI ökar dynamiken inom Trafikverket och gör det möjligt att genomföra vår verksamhetsidé – att vara samhällsutvecklare, som varje dag utvecklar och förvaltar smart infrastruktur i samverkan med andra aktörer för att underlätta livet i hela Sverige.

Nr	Benämning (avslutade)	Utförare
1	Karaktärisering av infiltrationsbenägenhet för vägdagvatten vid grundvattenförekomster	Geosigma AB
2	Underhåll av berganläggningar-etapp III	BESAB AB
3	Operativ prediktionsmodell för miljöpåverkan av vägsalt. Doktorandprojekt CDU: M11.	CDU
4	Riskhantering för att undvika driftstörningar i byggskedet i stora infrastrukturprojekt i urban miljö	Chalmers Tekniska Högskola
5	Villkorsutformning för grundvattenpåverkan vid utförande av undermarksanläggningar	Chalmers tekniska högskola
6	Utveckling av effektiva och relevanta metoder för bedömning av bergmaterial innehållande metallförande sulfidmineral	Envix Nord AB
7	Karaktärisering av infiltrationsbenägenhet för vägdagvatten vid grundvattenförekomster	Geosigma AB
8	Bedömning av väg- och järnvägsanläggningars påverkan på grundvattenförhållanden. Kunskapsöversikt och metodbeskrivning	Golder Associates AB
9	Skydd för trägrundläggning och kulturlager i samband med stadsplanering och byggande för hållbart resande	Göteborgs Universitet, Institutionen för marina
10	Tjälrestriktioner – hantering och uppföljning	Högskolan Dalarna
11	Vägtransportsystemets påverkan på vattenområdet, krav enligt EG:s ramdirektiv för vatten	IVL Svenska Miljöinstitutet AB
12	Påverkan från sprängning på bergborrade brunnar	Konsultföretaget
13	Påverkan från sprängning på bergborrade brunnar	Konsultföretaget
14	BIG Modellering av jord-, berg- och grundvattennivåer med artificiell intelligens	KTH Avd Jord och Bergmekanik
15	Tvådimensionell transport av salt, vatten och värme i vägkroppen: mätning och modellering	KTH, Mark och vattenteknik
16	Utveckling av operationell metodik för särskiljning av vägsaltspåverkat grundvatten i Sverige	KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN, Inst för mark- och vattenteknik
17	Utveckling av operationell metodik för särskiljning av vägsaltspåverkat grundvatten i Sverige	KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN, Inst för mark- och vattenteknik
18	Grundvattenförorening vid trafikolyckor – utveckling av ny bedömningsmetodik	Kungliga Tekniska Högskolan, Institutionen för mark-och
19	Grundvattensänkning i morän	Luleå Tekniska Universitet
20	In-situ stabilisering av vattenburna föroreningar i markområden	Lunds Universitet
21	Utlakning från vägkonstruktioner med alternativa ballastmaterial	Lunds Universitet, Teknisk geologi
22	Behandling av saltpåverkad grundvattenförekomst	Midvatten AB
23	Testmetodik för behandling av sulfidjord och sur sulfatjord	MTC - Miljötekniskt Center AB
24	Metodik för utredning av olika vägalternativs kostnadseffektivitet, m a p miljöbelastning, vid sträckning genom förorenade områden.	Statens geotekniska institut
25	Förändring av jords egenskaper med tid under befintliga bankar	Statens geotekniska institut
26	Metodik för utredning av olika vägalternativs kostnadseffektivitet, m a p miljöbelastning, vid sträckning genom förorenade områden.	Statens geotekniska institut
27	Prognosmetoder för porvattentryck som möjliggör beaktande av klimatförändringar	Statens geotekniska institut
28	Skötsel av vägdagvattendammar och dagvattenbrunnar	Statens geotekniska institut
29	Släntsäkerhet vid förändrat klimat - prognosmetoder för grundvattentryck och portryck	Statens Geotekniska Institut
30	Prognosmetoder för grundvattentryck och portryck under ett föränderligt klimat	Statens geotekniska institut (SGI)
31	Däckkonfiguration och nedbrytning av vägar	Statens väg och transportforskningsinsitut
32	Stöd till projekt Avvattning väg 2007 med teoretisk förstudie	Statens väg- och transportforskningsinstitut
33	Masugnsslagg i vägbyggnad - miljöuppföljning	Sweco Environment AB
34	BBT Korrosionsprovning och korrosionsskydd av olika typer av förankringsbultar - långtidsexponering	Swerea KIMAB
35	Metod för mätning av erforderlig rostmån på stålpålar	Swerea KIMAB AB
36	Upplagd sulfidjord - uppföljning av miljöeffekter	Trafikverket
37	Sprängningens påverkan av den injekterade zonen i infrastrukturtunnlar	Trafikverket IVtbo
38	TK Geo, Utveckling	Trafikverket IVtbo
39	Utveckling av nya modeller för att förutsäga ickevattenlösliga vätskors (NAPLs) spridning i mark och grundvatten i fall av olyckor.	Uppsala Universitet
40	Samverkan kring ökade krav – vatten, hantering av åtgärdsplaner från vattenmyndigheterna	Vectura
41	Skydd av vatten - implementering av IT-lösning	Vectura
42	Borrhålstester i berg – Inflödestest och vattenförlustmätning	Vectura Consulting AB
43	Automatisk mätning av föroreningar i grundvatten nära vägar, delprojekt 1-5	VTI
44	Infiltration i innerslänt och renspolning av djupdränering - Väg 126	VTI
45	Kostnadseffektiva åtgärder för skydd av grundvatten	VTI
46	Miljöpåverkan vid återvinning av tjärhaltiga beläggningsmaterial	VTI
47	Dokumenthantering Norra Länken (VST-projekt nr XXXX "YY")	Vägverket
48	Skadesamband och skadeförebyggande åtgärder för kulturmiljöer och kulturhistoriska byggnader i bygg- och driftskede	Wenanders Byrå

Nr	Benämning (pågående)	Utförare
1	Fallstudie - Riskhantering vid grundvattensänkning i Varbergstunneln	Chalmers Tekniska Högskola
2	Modellering av tidsberoende grundvattensänkning, markdeformationer och dess skaderisker	Chalmers Tekniska Högskola
3	När var hur? – Identifikation av orsaker till hydrogeologiska störningar i undermarksbebyggelse	Chalmers Tekniska Högskola
4	Samhällsekonomisk analys för rimlighetsbedömning av villkor för grundvattenbortledning	Chalmers tekniska högskola
5	Miljörisker med polycykliska aromatiska kolväten vid användning av tjäraasfalt	Luleå tekniska universitet
6	CEDR Miljömässigt hållbara vägar: Yt- och grundvatten 2016	PROPER resp MicropRoOf resp LUNT
7	Underlag och metodik för samhällsekonomisk kravställning av vattenrening i byggprocess	Research Institutes of Sweden (RISE)
8	Långtidsegenskaper hos stabiliserade material	Statens geotekniska institut
9	Geofysisk kartering av grundvattenegenskaper för byggande av transportinfrastruktur	Teknisk geologi, Lunds universitet
10	Instrumentering och mätning av krafter och rörelser vid djup kohesionspålning	Tyréns AB
11	Analytiska lösningar för grundvattenflöde i sprickigt berg (Industridoktorand)	Uppsala Universitet

GEOPHYSICAL·MAPPING·OF·GROUNDWATER·PROPERTIES·FOR·TRANSPORT·INFRASTRUCTURE·CONSTRUCTION·PLANNING·

Final·report·for·project·TRV°2020/122405¶

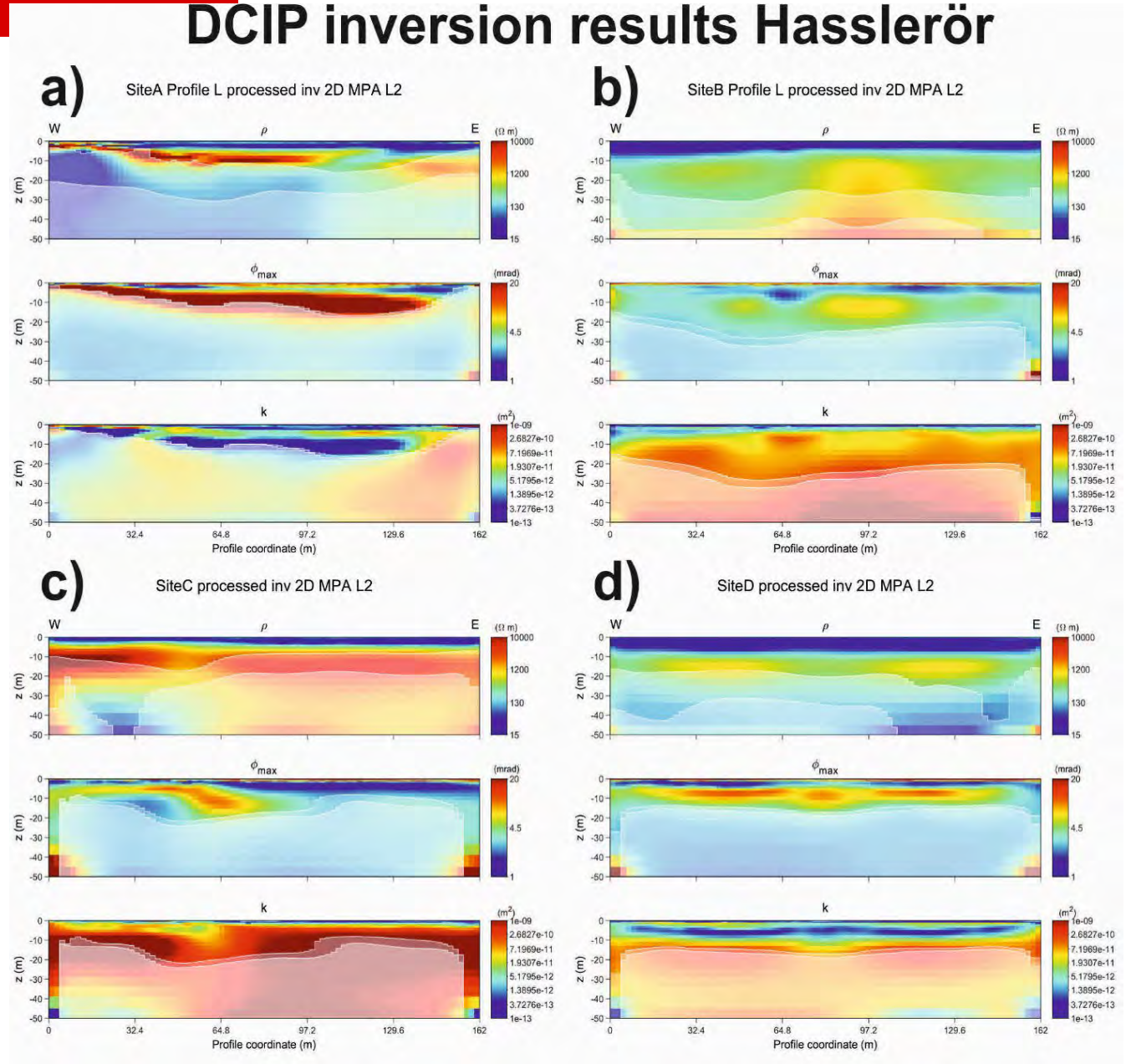
LUND UNIVERSITY LTH FACULTY OF ENGINEERING

Lund,·2022-12-XX¶

T.·Martin,·T.·Dahlin,·A.·Mendoza,·A.M.·Kass¶

TRAFIKVERKET

DCIP inversion results Hasslerör



Tidsserieanalys för identifiering av grundvattenpåverkan från undermarksanläggningar

Ezra Haaf[1], Jonas Sundell[1,2], Lars Rosén[1]

[1] Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik, Chalmers tekniska högskola, Sverige
[2] Trafikverket, Sverige

TRAFIKVERKET

Risker för verksamhetsutövare

1. Att verksamhetsutövaren på grund av bevisbördan får täcka kostnader för en grundvattenrelaterad skada trots att skadan är (delvis) orsakad av andra anledningar
2. Att effektiva åtgärder inte implementeras i tid med skador som följd

Vi behöver veta:
→ Vem påverkar? Var är påverkan? När händer det? Och hur mycket?

TRAFIKVERKET

Projektets mål

- Utveckling av mer effektiva och korrekta metoder för att bedöma om en grundvattenpåverkan har uppkommit och vad som är dess orsak.
- En effektiv, sammanhållen och objektiv metod oavsett av vem som genomför analysen (verktygslåda)
- Minskning av osäkerheterna kring störningens orsak så att vi får

Rätt åtgärder på rätt plats och i rätt tid innan skador uppstår

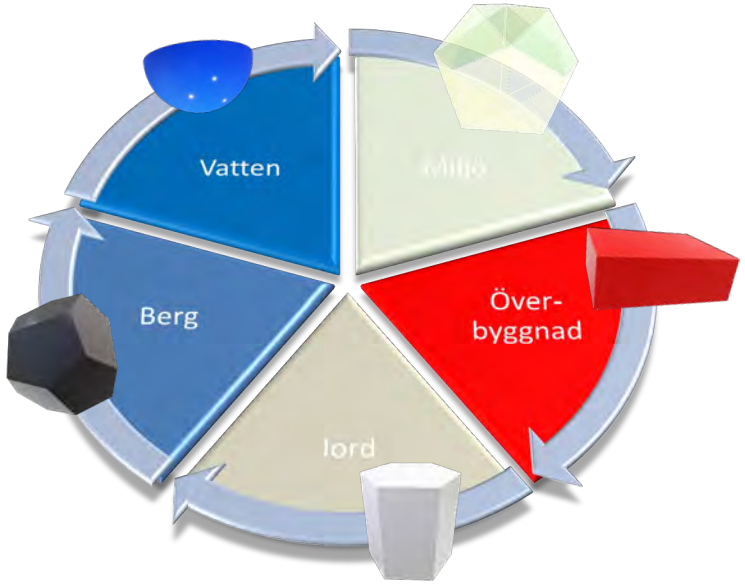
TRAFIKVERKET

Framtiden?

- Grundvattenmodellering 4D (3D + variation i tid)
- Nya metoder för grundvattennivå mätning: Earth tide and earthquake

TRAFIKVERKET

Vilken är nyttan?
Dela erfarenheter



När vi presenterar det som görs / projektresultat

Vilken nytta ger resultaten till de 4 andra kompisarna?

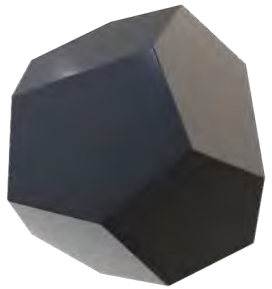
Vilken nytta kunde projekten haft av de 4 andra kompisarna?

När vi delar erfarenheter om hur vi arbetar

Hur skulle de 4 andra kompisarna kunna ta nytta av era erfarenheter?

Vilka tankar eller frågor vill de 4 andra kompisarna dela med er?

Transportation Geotechnics – Berg
Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
Diskussion



TRANSPORTATION GEOTECHNICS BERG

Bedrock and groundwater modelling using artificial intelligence

2022-03-25

Chunling Shan
Chunling.shan@tyrens.se

Budget and time

Tyréns		KTH	
Sven Tyréns Stiftelse 400 000 kr	Stiftelsen för Bergteknisk Forskning (BeFo) 2 000 000 kr	KTH 100 000 kr	Branschsamverkan i grunden (BIG) 1 850 000 kr

Time: 2020-01 to 2021-12

Scientific achievements

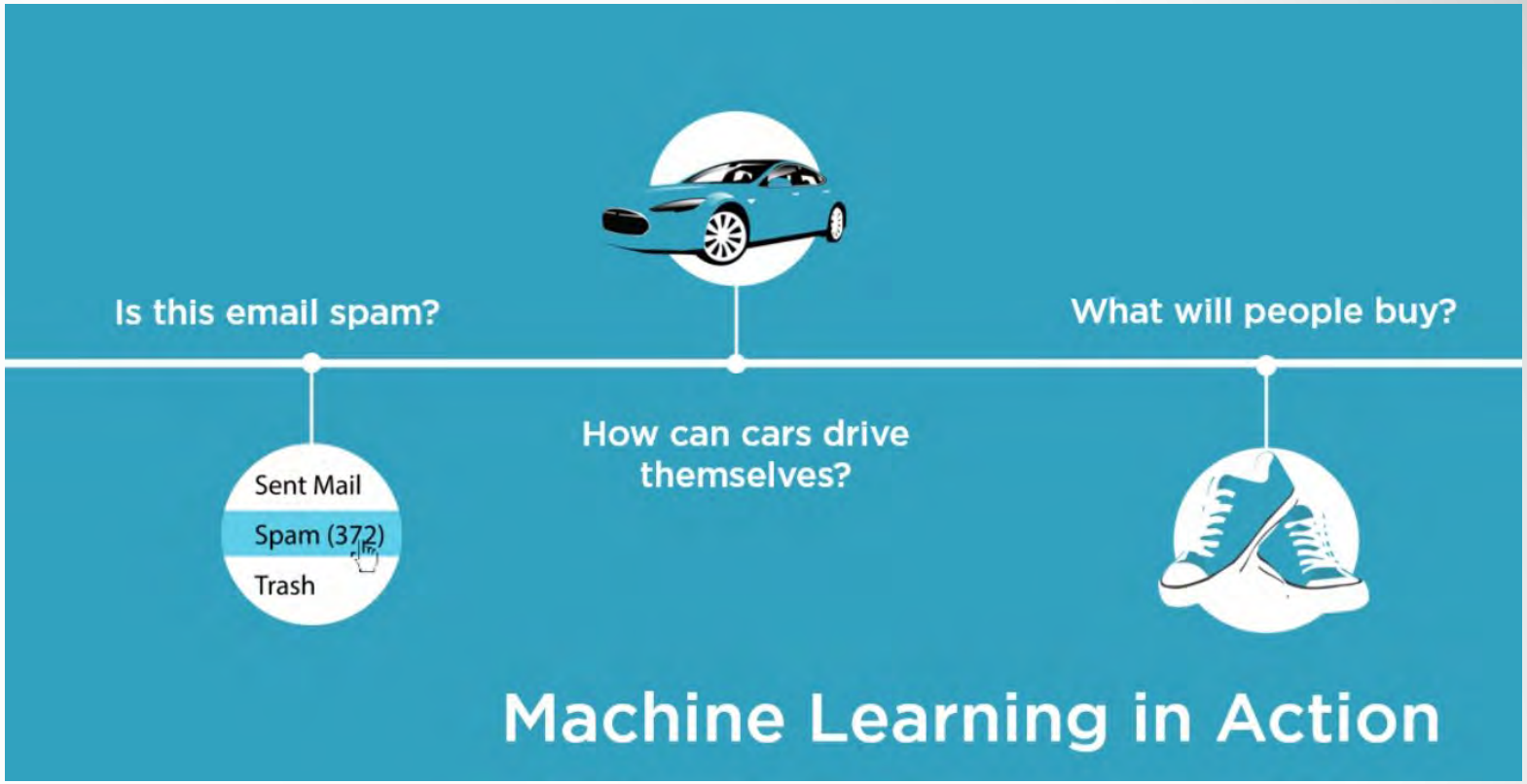
1. Spatial distribution modelling of subsurface bedrock using a developed automated intelligence deep learning procedure: A case study in Sweden (2021). *Published by Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 13(6):1300-1310, https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.07.006*.
2. A new approach to uncertainty analysis using automated predictive deep learning in groundwater (2022). *Published* by *Natural Resources Research, 31: 1351-1373, https://rdcu.be/c3vUb* .
3. Visualisering av bergtopografi med artificiell intelligens (2022). *Published by Bygg & Teknik.*
4. Artificial intelligence-based models to predict the spatial bedrock levels for geoengineering application (2020). *Published* by In Proc. 3RD Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG), *Springer Nature.*
5. Uncertainty analysis of an optimum predictive neural network model in subsurface bedrock level modelling (2021). In proc. 3rd International Symposium on Machine Learning and Big Data in Geoscience. *Published by Machine Learning & Risk Assessment in Geoengineering, MLRA 2021, 48-52, Wroclaw, Poland.*
6. 3D modeling and uncertainty analysis of DTB using hybrid automated deep learning. *Submitted to Engineering with Computers.*

Agenda

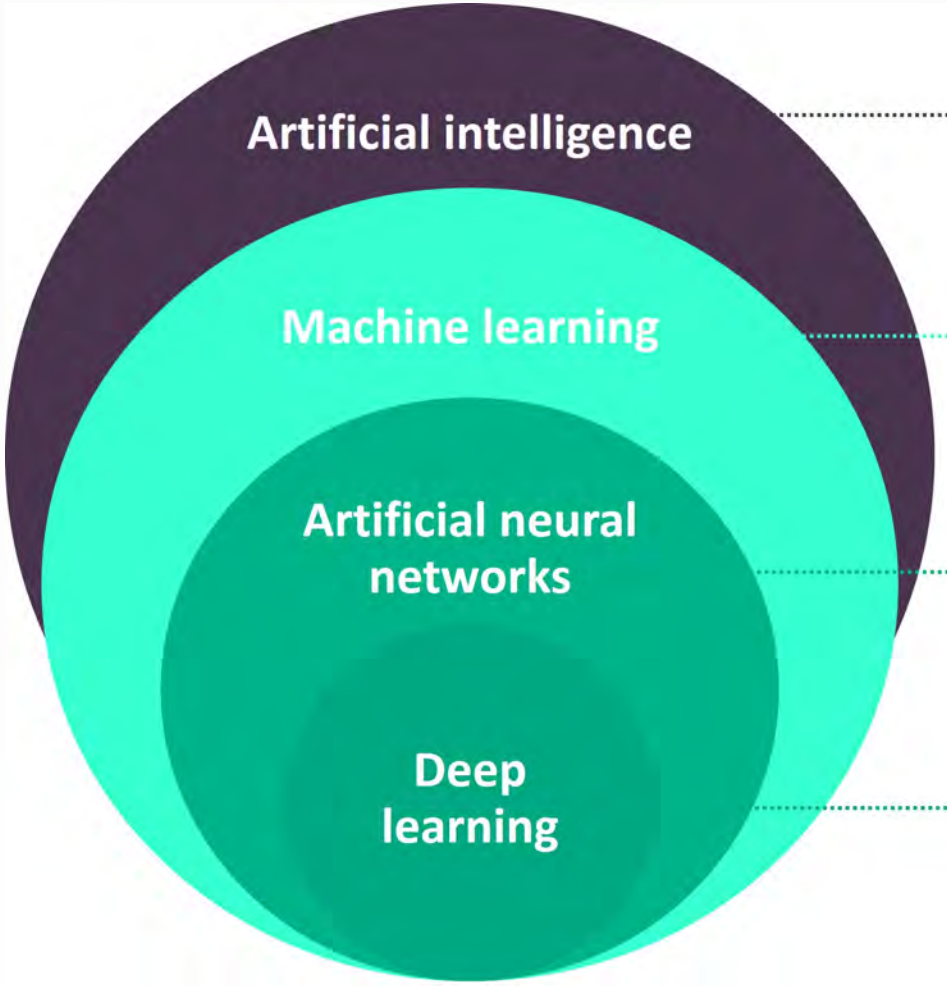
1) Short introduction of Artificial Intelligence
2) Background of the project
3) Goal of the project
4) Datasets
5) Methodology
6) Results
   - Comparison of AI results with traditional geostatistical results for bedrock surface modelling
   - Groundwater surface modelling and uncertainty analysis
7) Implementation of results
8) Conclusions

Short introduction of AI

Artificial intelligence is the simulation of human intelligence by machines, it has the ablity to solve problems, act rationally and act like humans



Short introduction of AI



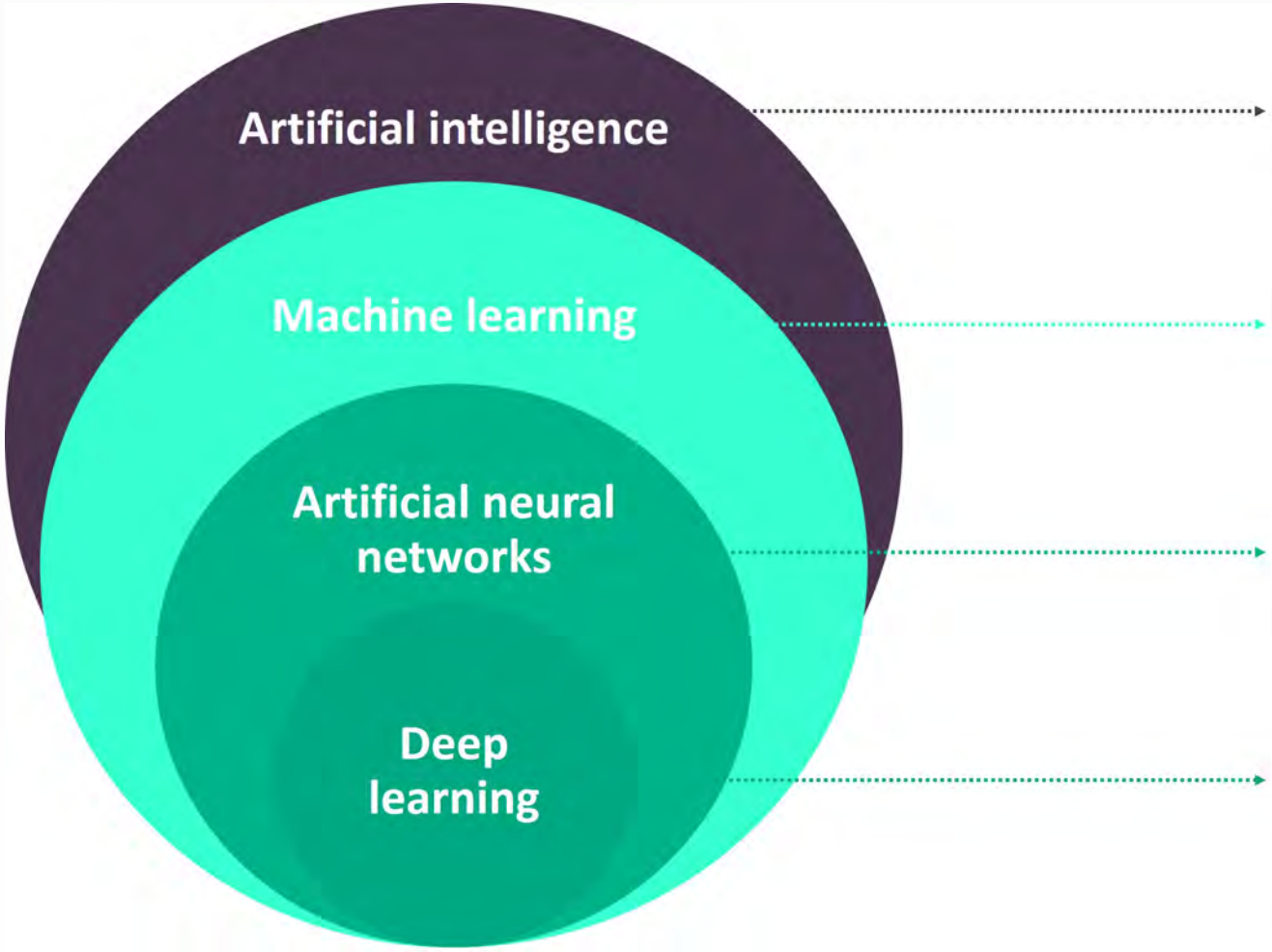
Artificial intelligence (AI)
Any techniques that enable machines to solve a task in a way like humans do

Machine learning (ML)
Algorithms that allow computers to learn from examples without being explicitly programmed

Artificial neural networks (ANN)
Brain-inspired machine learning models

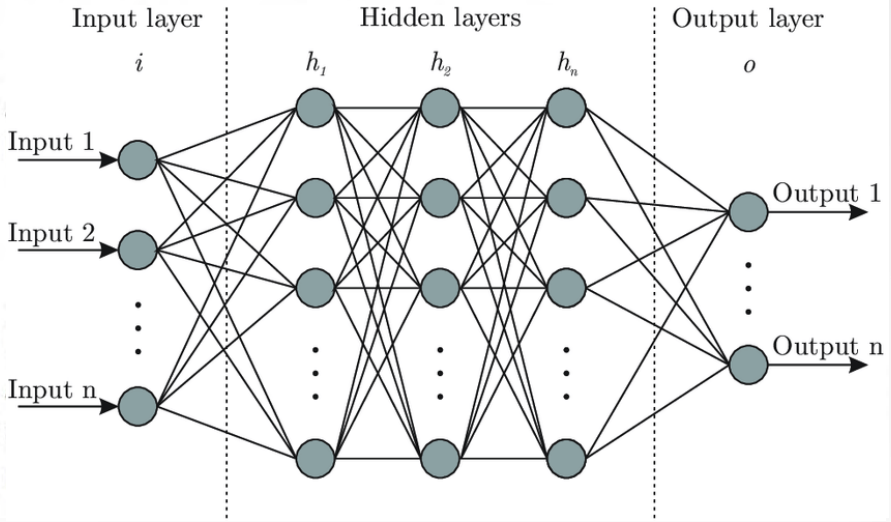
Deep learning (DL)
A subset of ML which uses deep artificial neural networks as models and automatically builds a hierarchy of data representations

Short introduction of AI

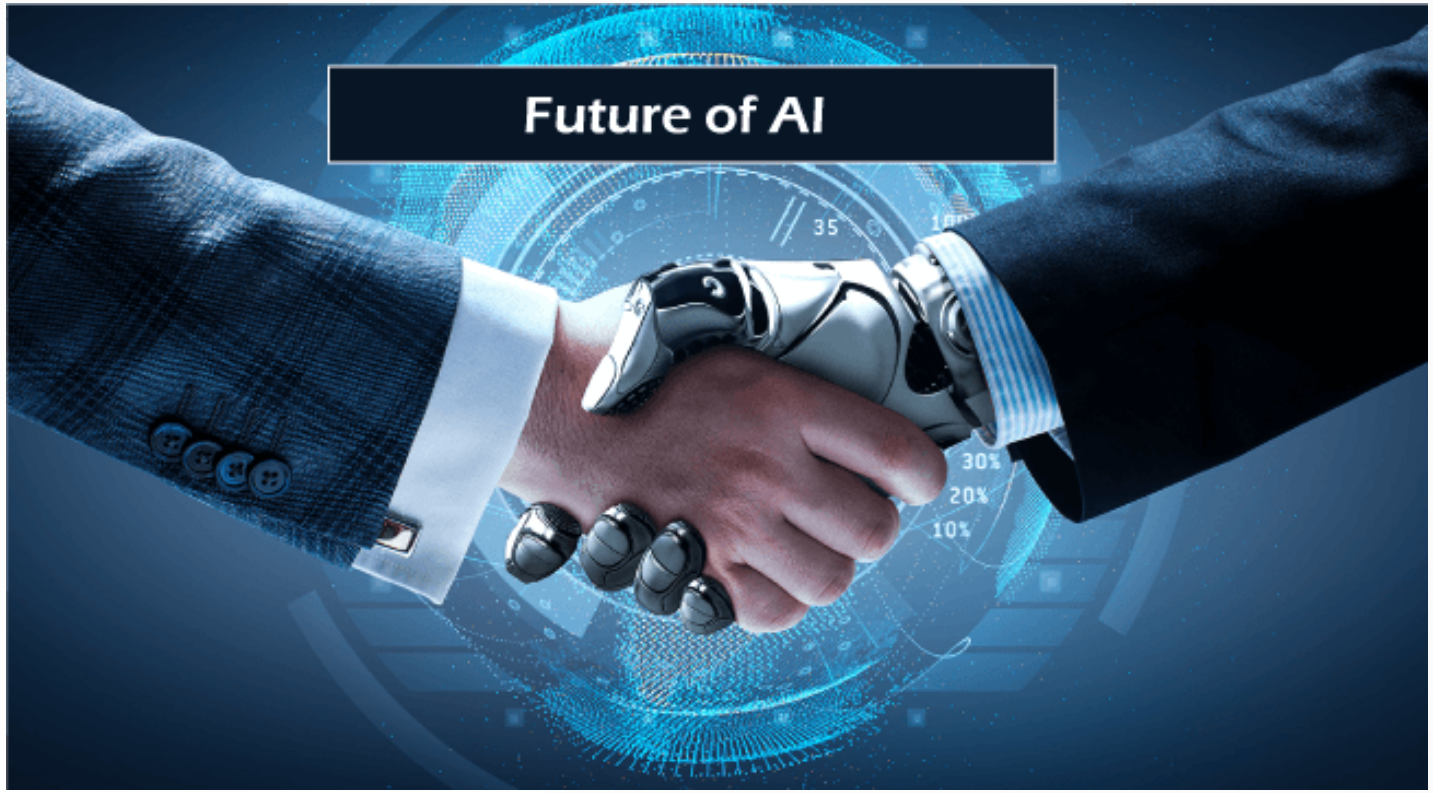


Artificial intelligence (AI)
Any techniques that enable machines to solve a task in a way like humans do

Machine learning (ML)
Algorithms that allow computers to learn from examples without being explicitly programmed

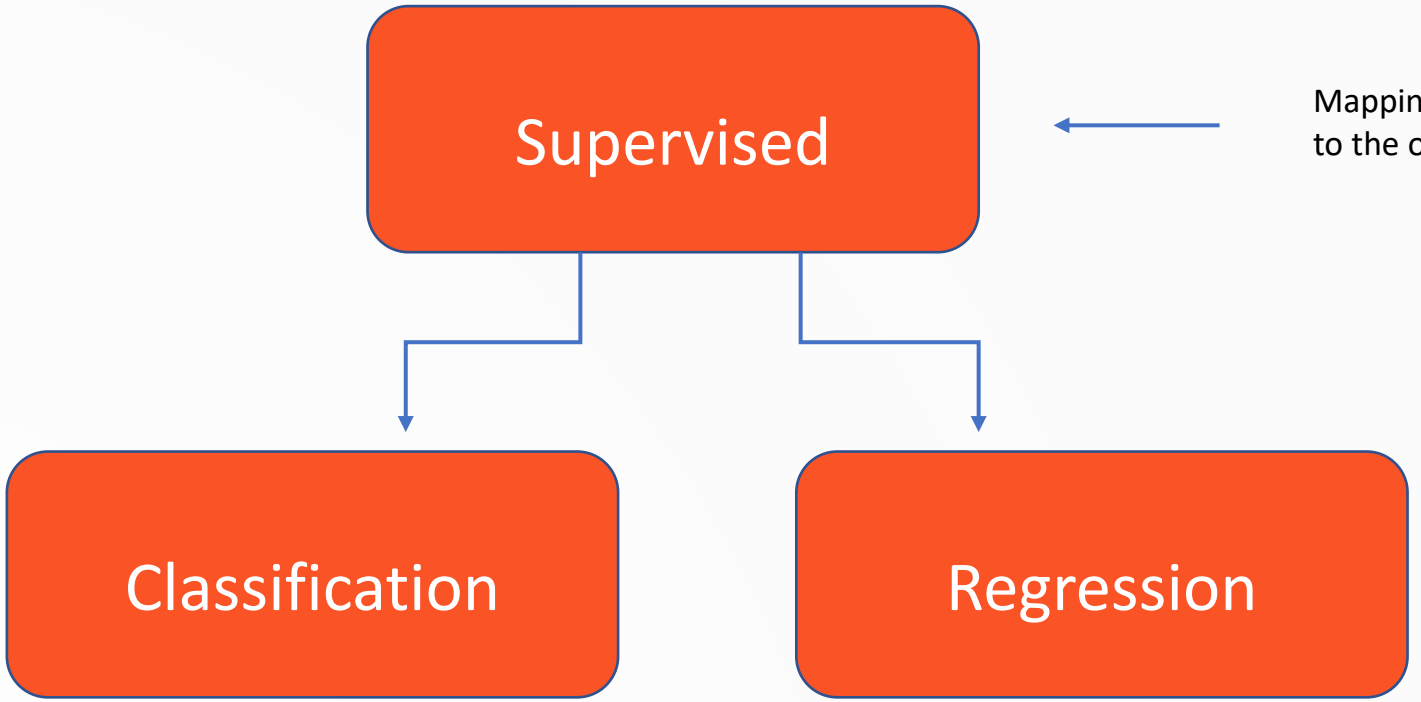


Short introduction of AI



Artificial intelligence is shaping the future of humanity across nearly every industry. It is already the main driver of emerging technologies like big data, robotics and IoT, and it will continue to act as a technological innovator for the foreseeable future

Short introduction of AI



Mapping between the input variable X to the output Y, Y = f(X).

A classification problem is when the output variable is a category, such as “red” or “blue” or “disease” and “no disease”.

A regression problem is when the output variable is a real value, such as stock price.

Background of the project

- Need to understand the bedrock occurrence but have limited bedrock level information



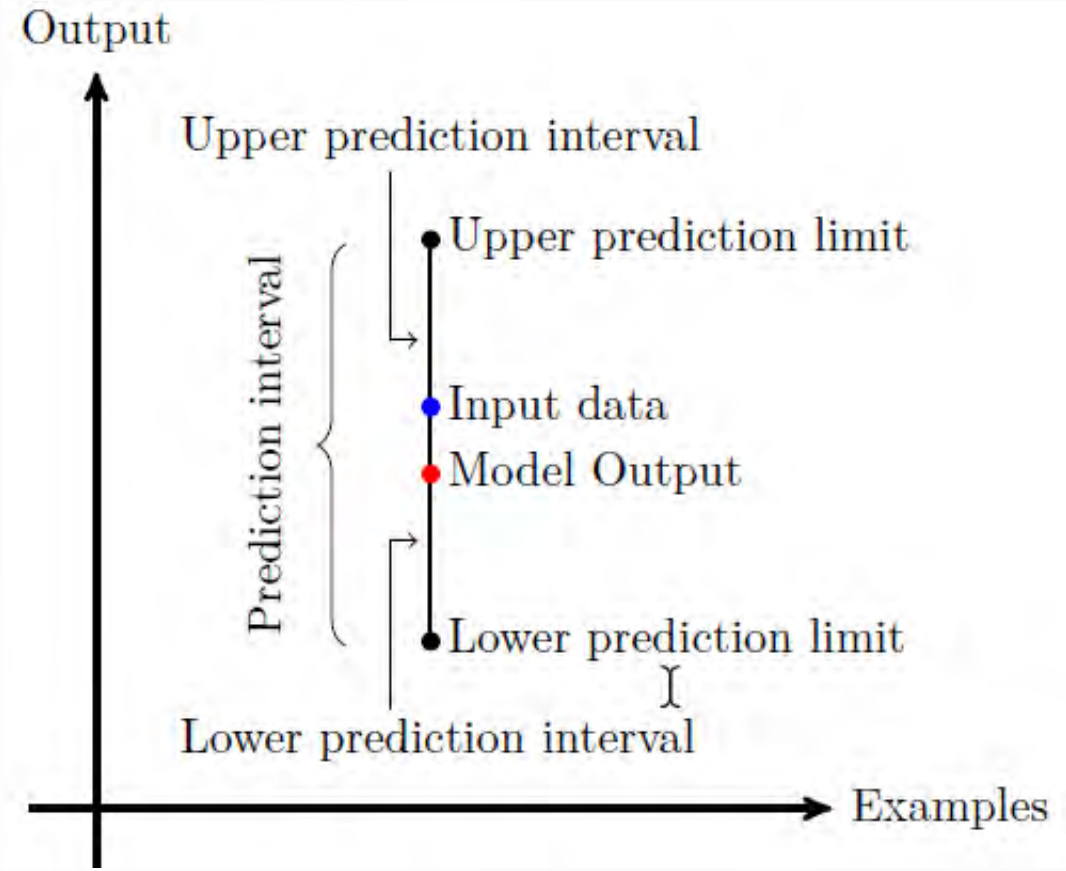
Background of the project

- Need to understand the bedrock occurrence but have limited bedrock level information



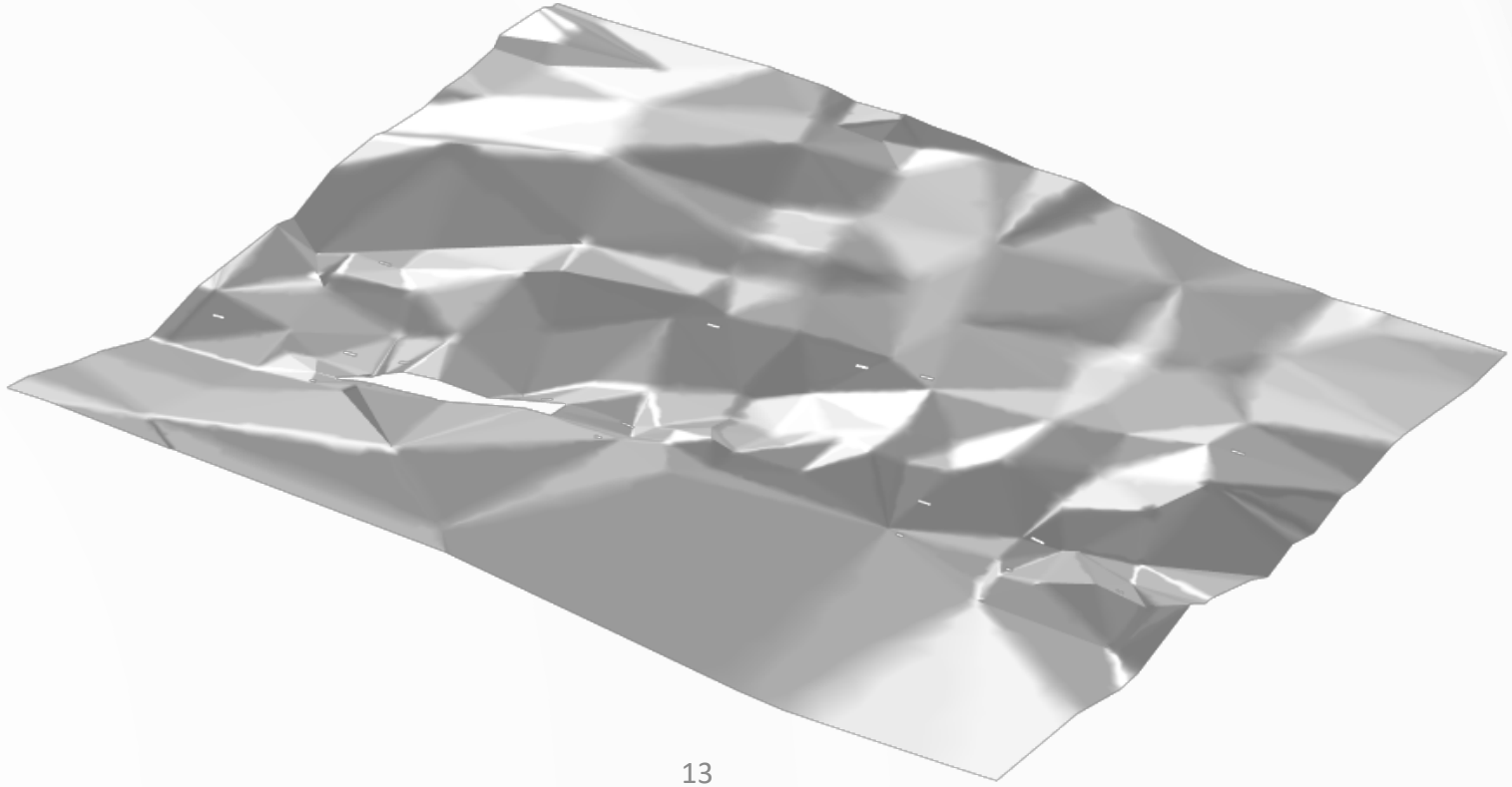
Background of the project

- Need interpolation and extrapolation to build bedrock surface
- The uncertainty of estimated bedrock levels is important



Background of the project

- Current bedrock mapping techniques:
  - Surface triangulation (projects like Ostlänken, Mälarbanan)

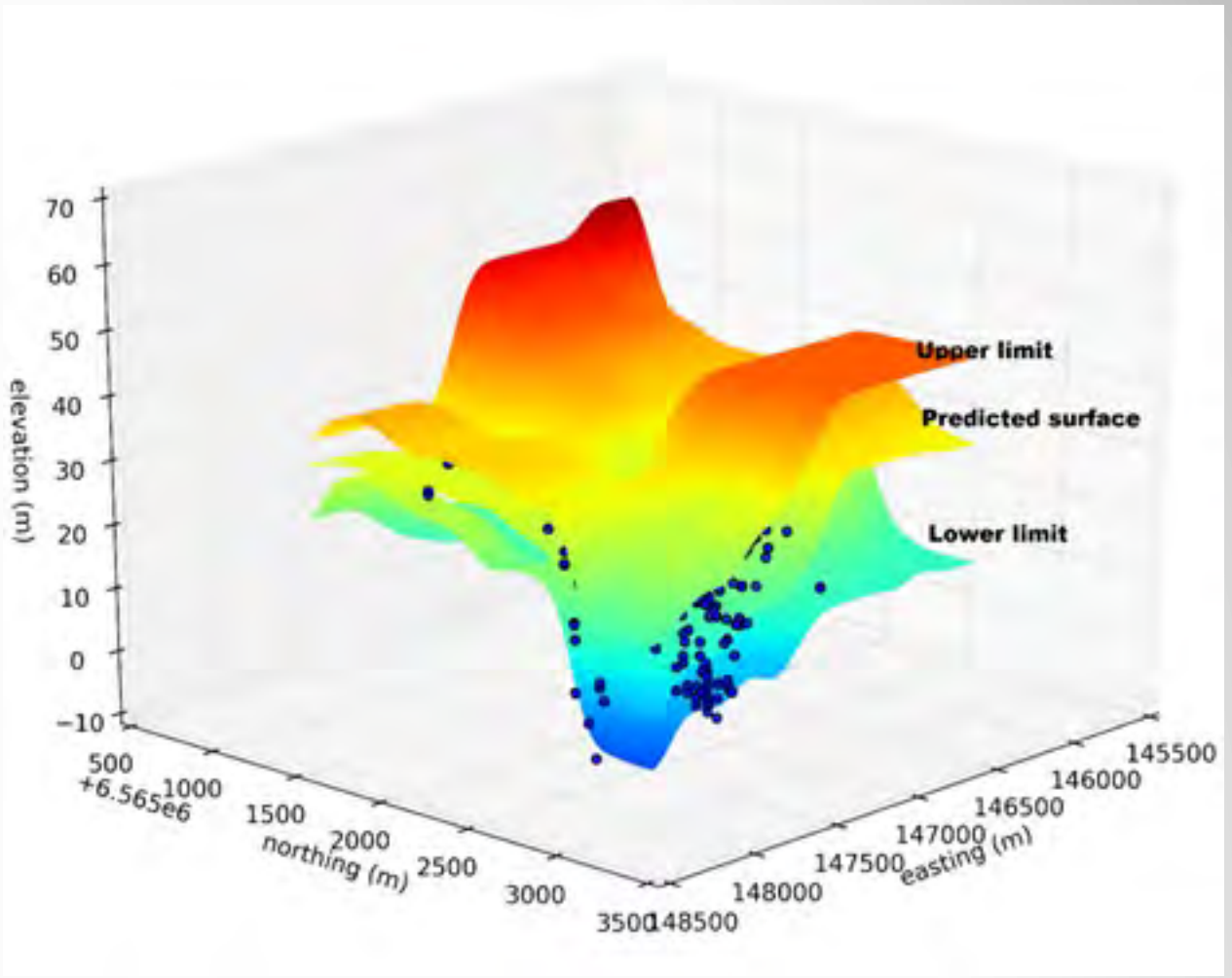


Background of the project

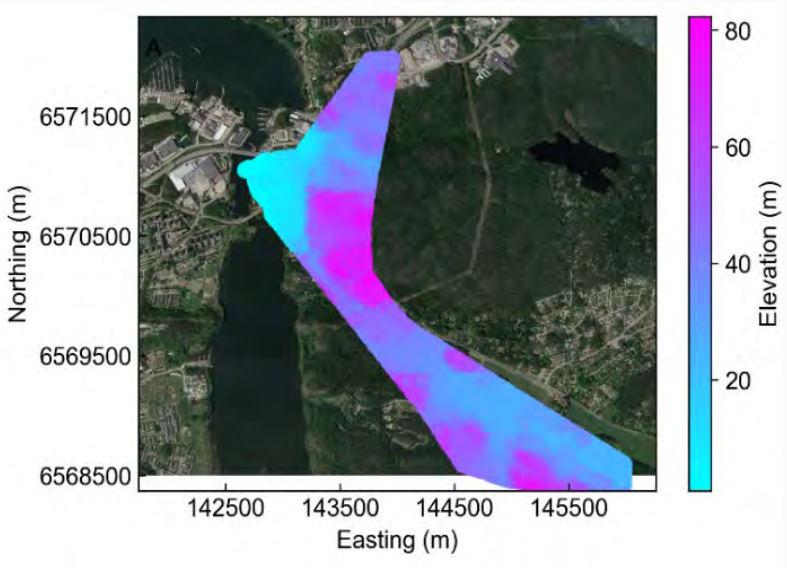
- Current bedrock mapping techniques:
  - Surface triangulation (projects like Ostlänken, Mälarbanan)
  - Geostatistical methods such as Kriging, Inverse distance weighting … …
  - Artificial intelligence (deep learning)

Goal of the project

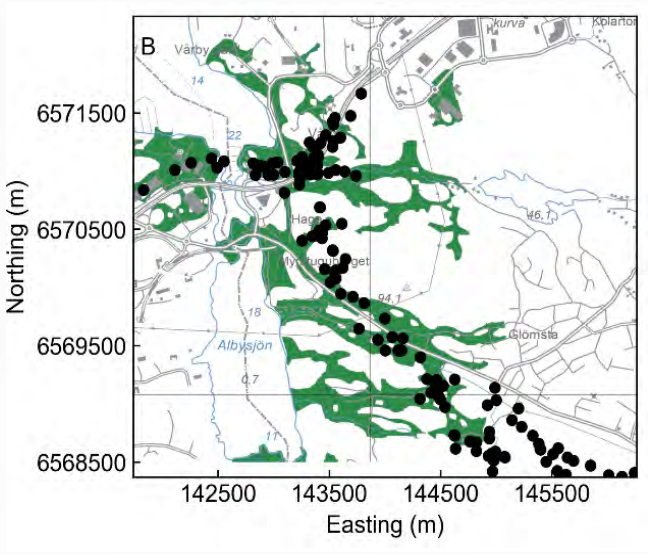
- Build bedrock surfaces and groundwater surfaces with higher accuracies than the methods used today
- Estimate uncertainties of the predicted bedrock levels and groundwater levels



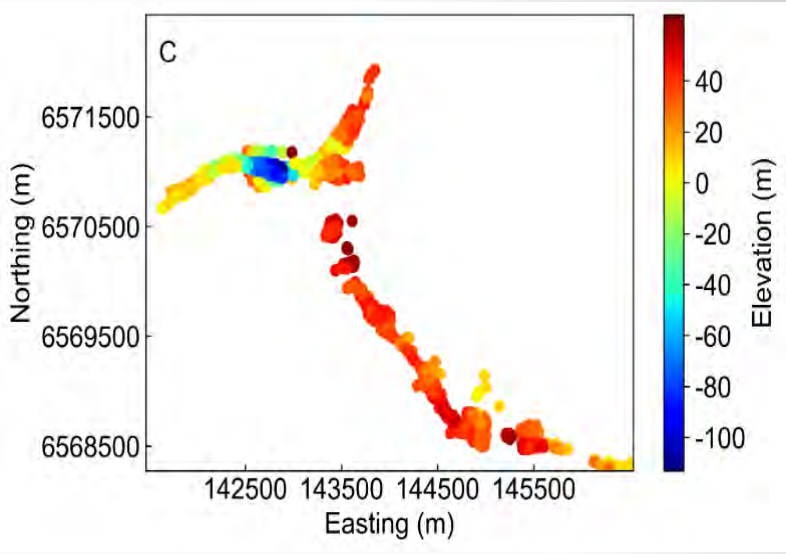
Dataset - Tvärförbindelsen



Digital elevation map

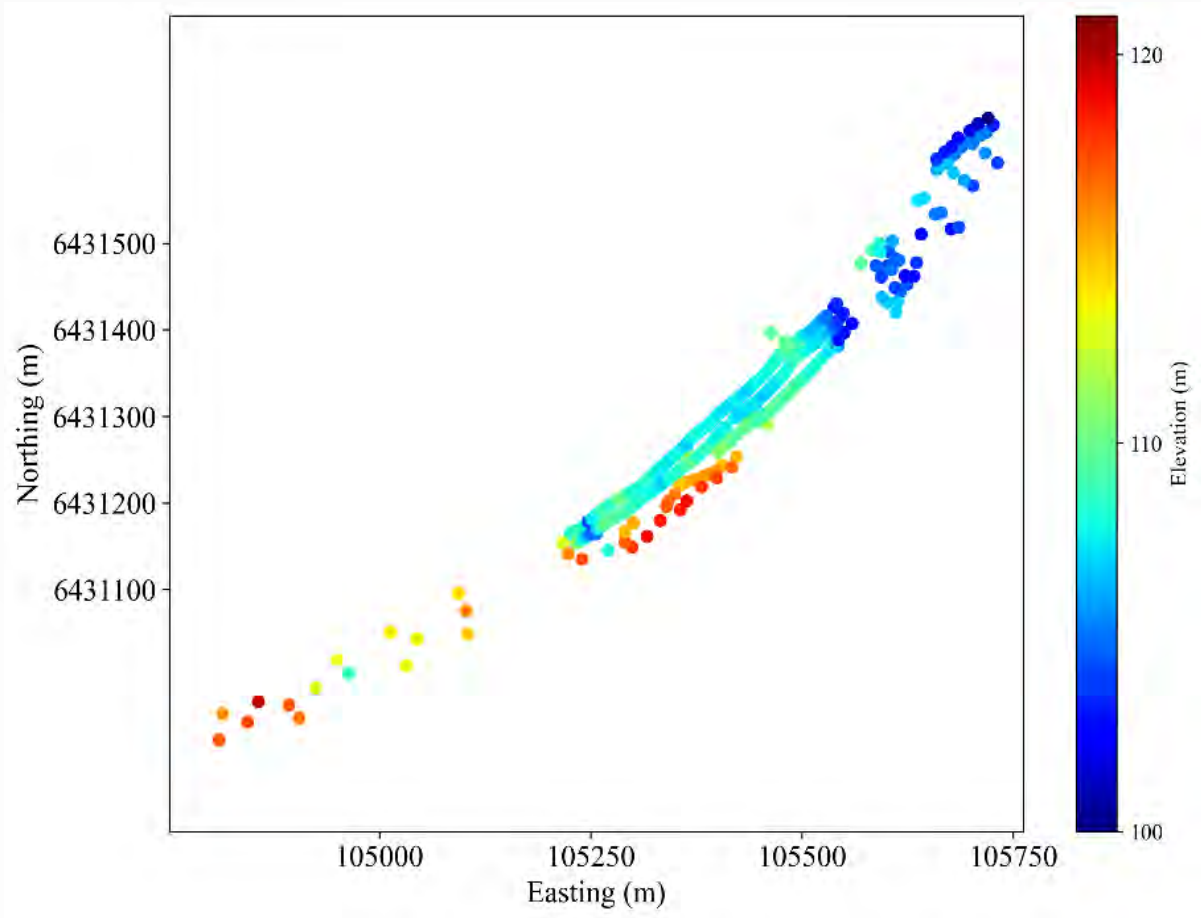


Monitored GWT data



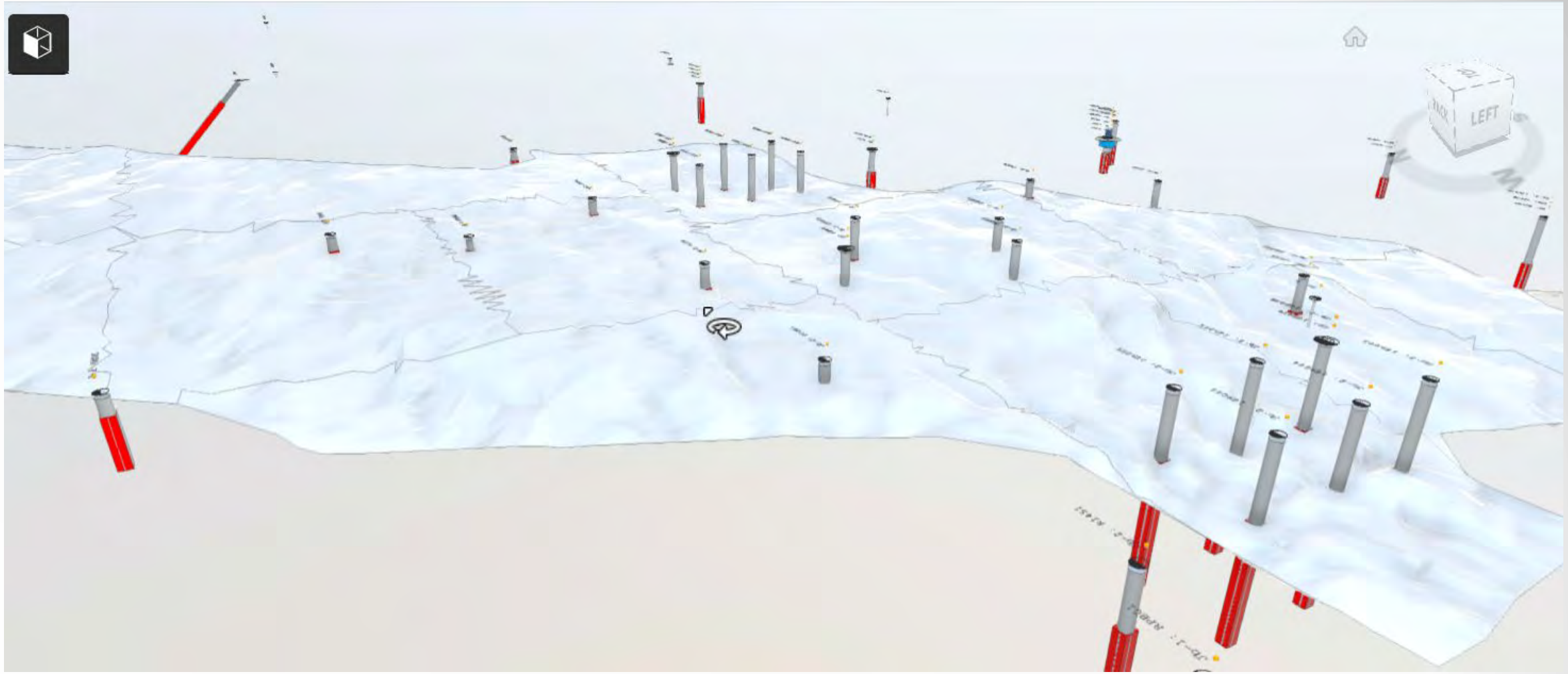
Geotechnical boreholes

Dataset – E20 Bälinge-Vårgårda



Spatial distribution of soil-rock sounding and geophysical profiles

Dataset – E20 Bälinge-Vårgårda



Scanned bedrock surface after excavation of overlaid soil

Data

1	Id	X	Y	MarkYta	BergNivå	Typ	Stopp	Jord	Berg
2	17T1058	6571021,564	142831,156	2,307	-98,793	b3 HfA Pr	95	101,1	4,05
3	18T1116	6568370,379	146683,65	29,292	20,772	b2 Tolk	95	8,52	2,63
4	18T1189	6571109,576	142440,707	4,674	-18,726	b3 HfA Pr	95	23,4	6
5	18T789	6569877,047	143725,733	43,786	32,736	b3 Vim Pr	95	11,05	3,95
6	18T793	6569862,675	143778,927	44,276	31,956	b3 Tolk	95	12,32	3,5
7	18T819	6569652,339	144010,505	43,29	39,91	b2 Vim Hf	95	3,38	2,75
8	18T873	6569048,764	144290,862	43,735	37,585	b2 Tolk	95	6,15	3,9
9	18T874	6569063,987	144328,444	40,918	33,848	b2 Tolk	95	7,07	4,9
10	18T876	6569124,118	144414,718	33,944	24,494	b2 Vim Pr	95	9,45	3,07
11	19T002	6571064,398	142450,748	8,648	-20,522	b2 HfA Pr	95	29,17	3,13
12	19T003	6571047,498	142449,248	7,76	-10,87	b2 HfA Pr	95	18,63	4,15
13	19T006	6571061,076	142487,283	8,987	-34,063	b2 Prov T	95	43,05	3,1
14	19T007	6571058,452	142477,526	2,133	-31,967	b3 Cpt Hf	95	34,1	5,91
15	19T011	6571084,026	142609,755	1,937	-68,063	b3 Cpt Hf	95	70	5
16	19T012	6571074,036	142708,553	1,826	-87,074	b3 Cpt Hf	95	88,9	3,47
17	19T013	6571069,112	142757,119	2,26	-91,34	b3 Cpt Hf	95	93,6	6
18	19T014	6571031,729	142753,405	2,342	-86,358	b3 Cpt Hf	95	88,7	1,84
19	19T015	6571065,77	142815,29	1,792	-101,808	b3 Cpt Hf	95	103,6	3,94

Methodology

Input data from geotechnical information

Deep learning (ANN)

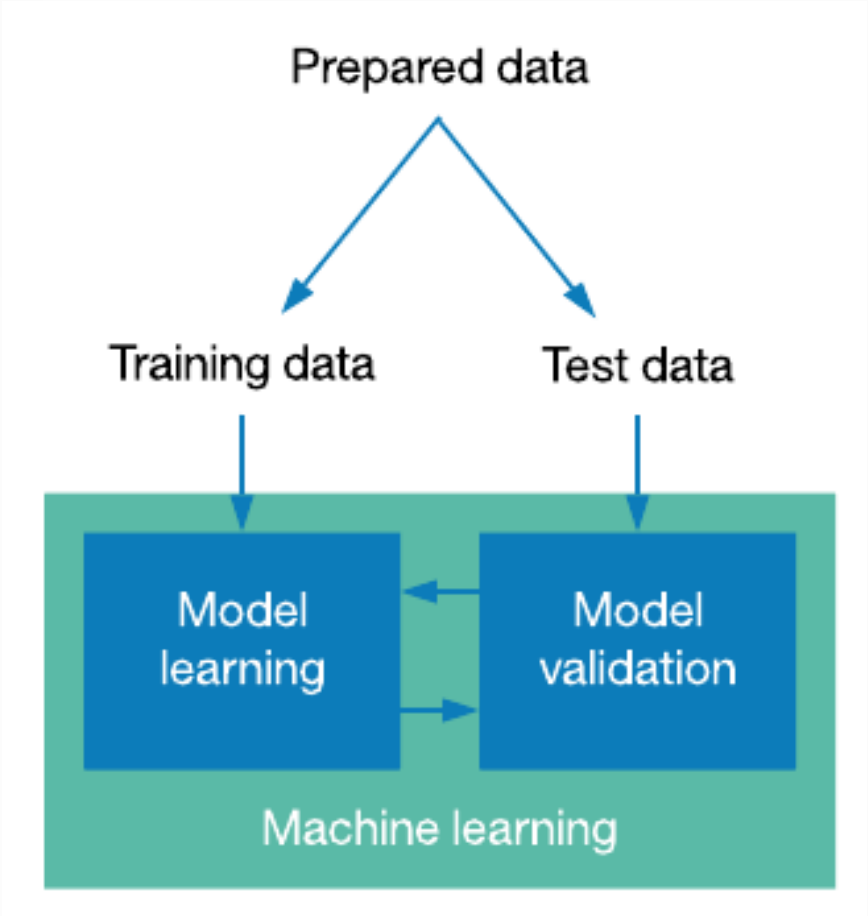
The ANN that is best suited for the input data is found by trying different combinations of:

- *Number of hidden layers*
- *Number of neurons in each layer*
- *Training algorithm*
- *Activation functions*
- *Weight matrix*
- *…*

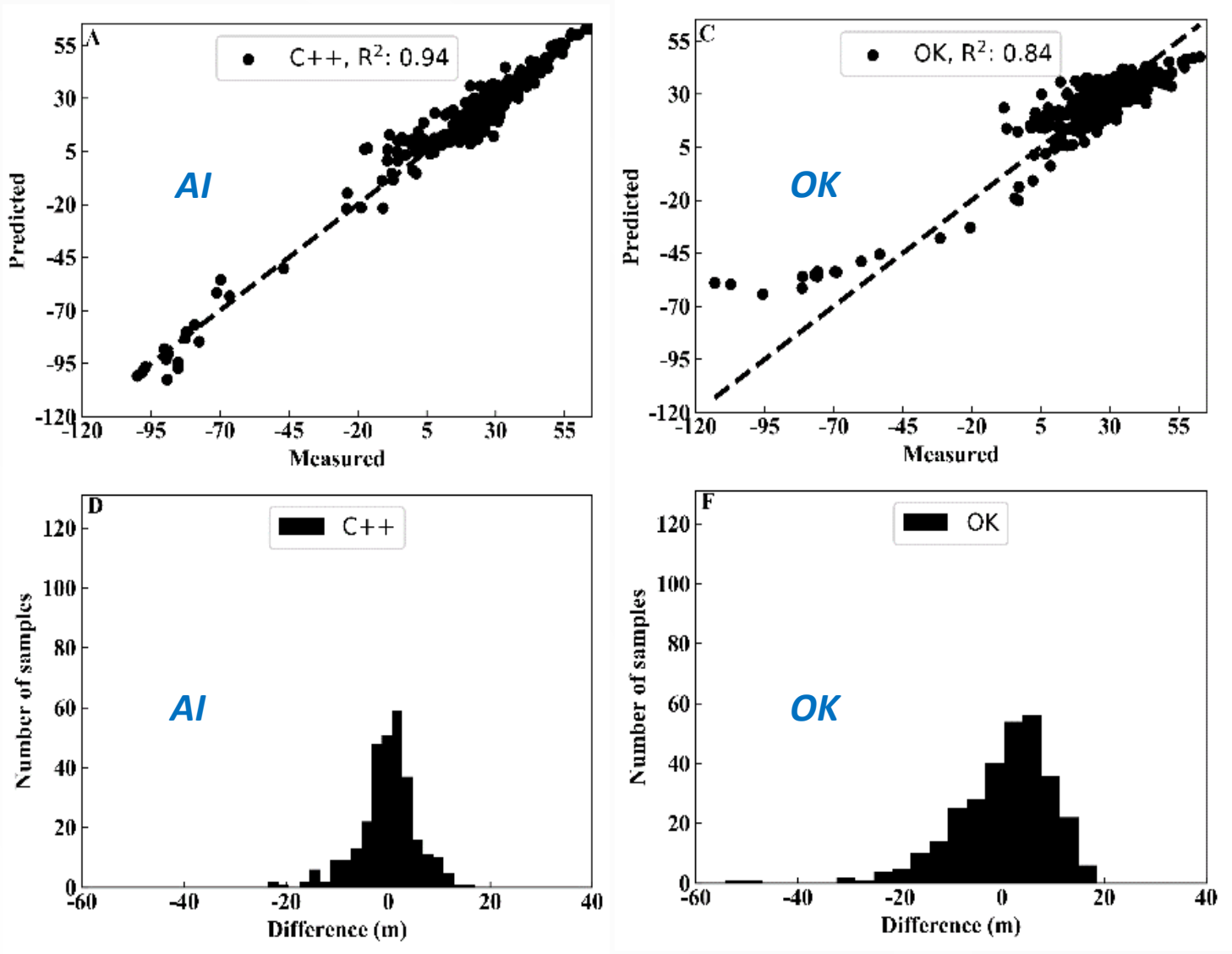
3D bedrock surface and groundwater surface

$$BL = f(x,y,z)$$

Methodology

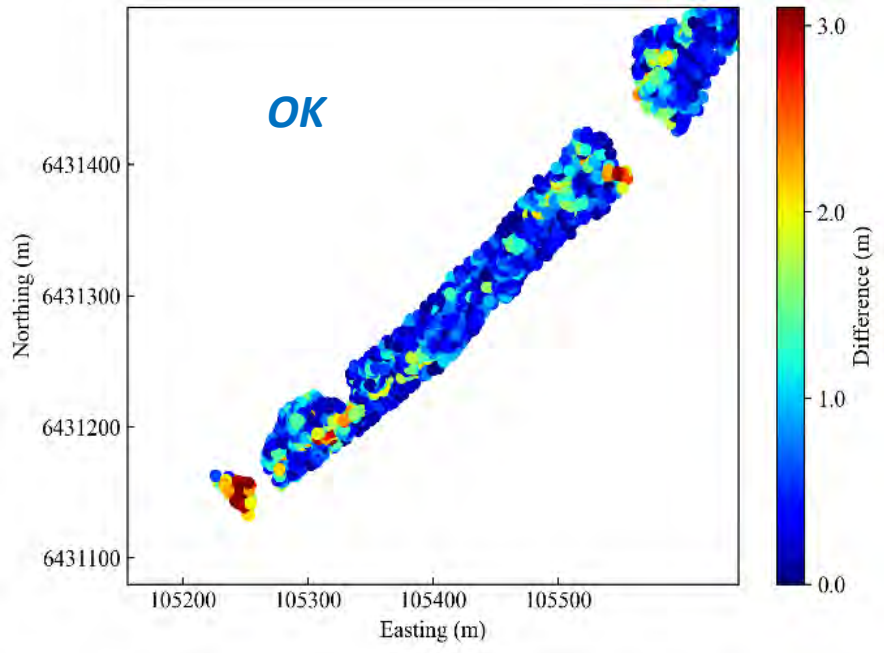


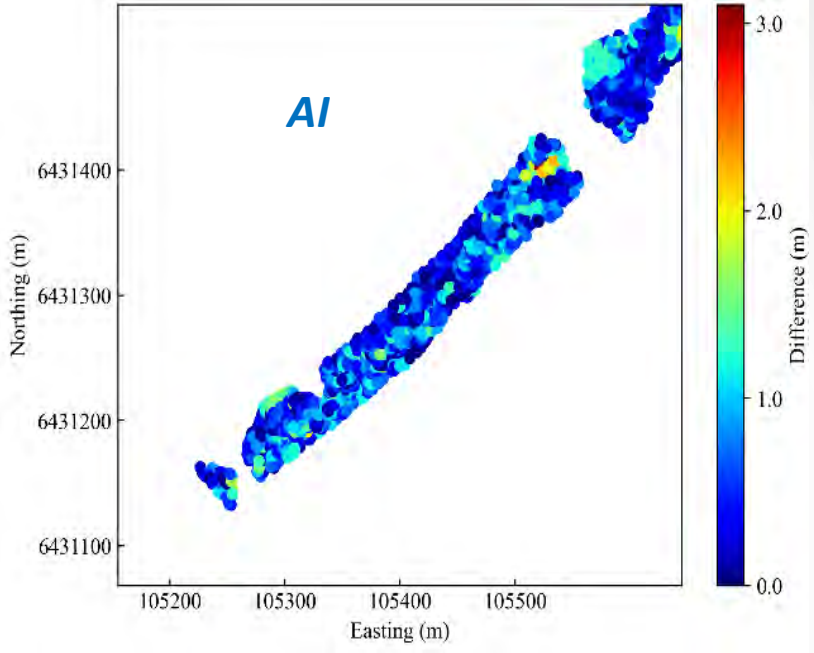
Results ➔ Compared performance of AI and OK for bedrock surface modelling



The fitting and difference between measured and predicted values and comparison of the predictability of AI and OK modelling on bedrock dataset from Tvärförbindelsen.

Results ➔ Compared performance of AI and OK for bedrock surface modelling





The difference plot between the predicted/estimated bedrock levels and the true scanned bedrock levels for E20 Bälinge-Vårgårda

Results ➔ Compared performance of AI and OK for bedrock surface modelling

Summary of differences between the predicted and true bedrock levels from E20 Bälinge-Vårgårda dataset

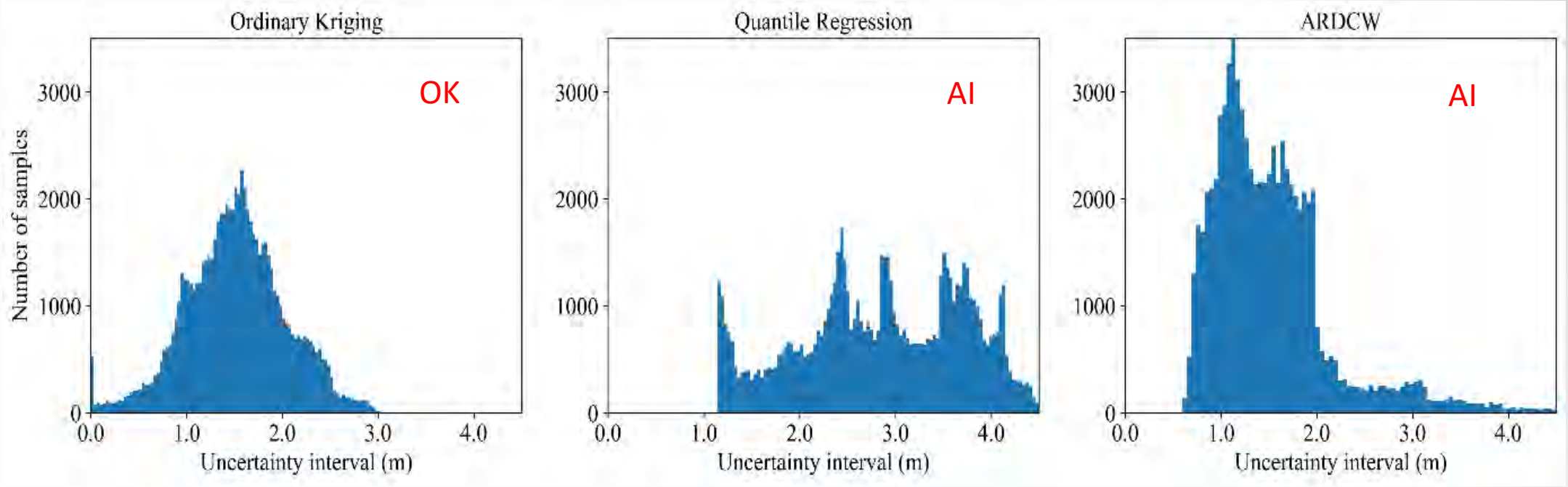
Method	Total absolute difference (m)	Average difference/point (m)	Improvement from OK (%)
Ordinary Kriging	31470	0.69	0%
AI	27787	0.61	12%

Results ➔ Comparison of predicted and true bedrock surfaces



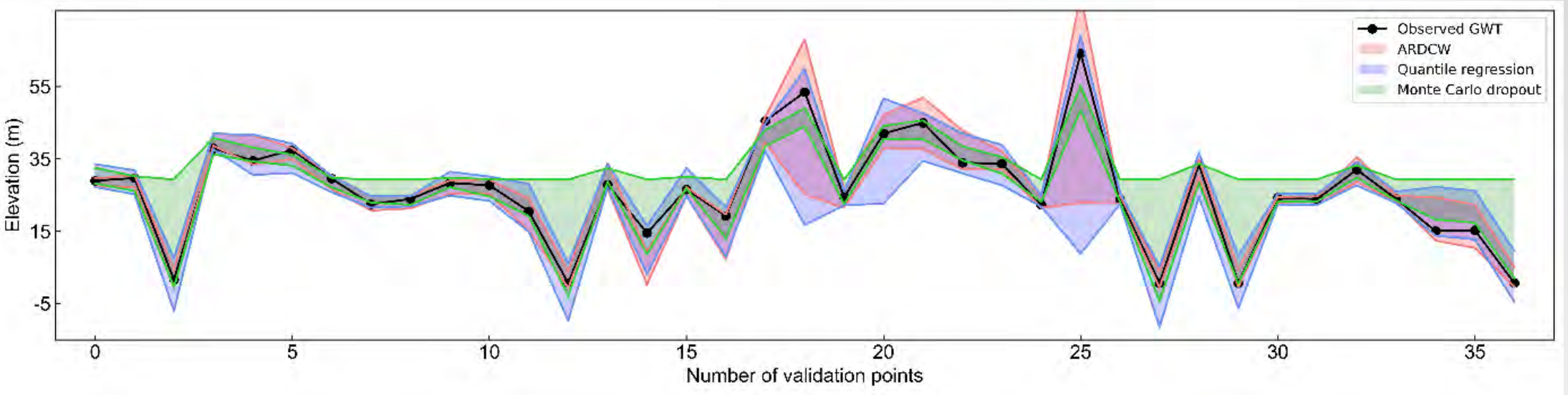
3D view of the comparison between true (grey) and predicted (yellow) bedrock surface E20 Bälinge-Vårgårda

Results ➔ Compared uncertainty analysis of AI and OK for bedrock surface modelling



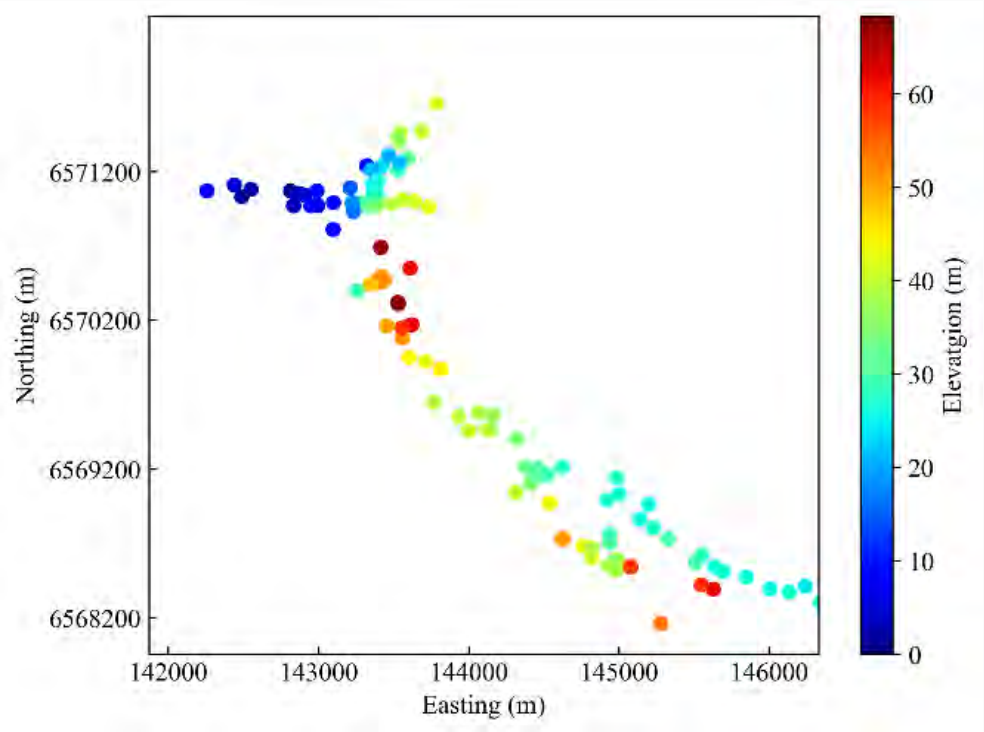
Method	Ordinary Kriging	Quantile Regression (AI)	ARDCW (AI)
Number of measured points laying inside the uncertainty intervals	73%	78%	77%

Results ➔ Groundwater surface modelling and uncertainty analysis

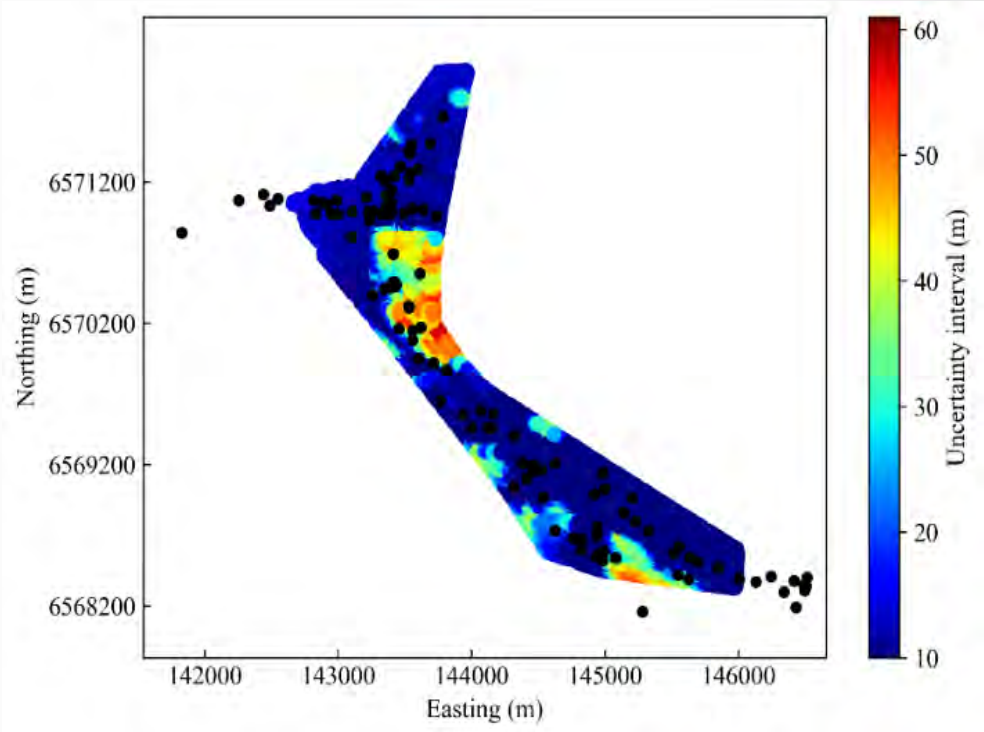


Compared $\boldsymbol{P_{CI}^{95\%}}$ of three models using validation dataset

Results ➔ Groundwater surface modelling and uncertainty analysis

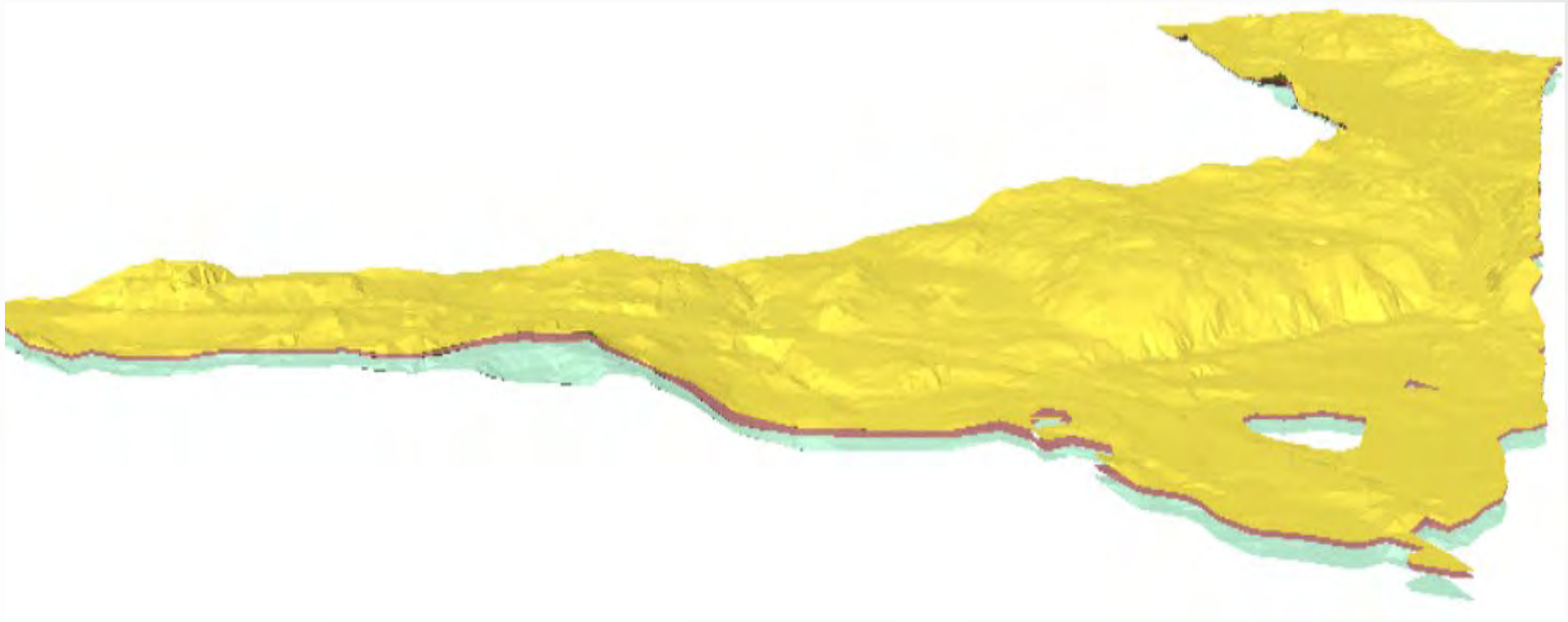


Color map of the measured GWT data



Estimated uncertainty intervals

Results ➔ Groundwater surface modelling and uncertainty analysis



3D view of the estimated groundwater surface (brown, middle) together with the upper (yellow) and lower (light blue) boundaries.

Implementation of results

- Our results are published in open access journals
- The results were implemented in GeoBIM system that can automatically produce 3D bedrock/groundwater surfaces together with estimated uncertainties
- This facilitates the geotechnicians and engineering geologists with their modelling work
- Planning to make our Python code open access in GitHub so that it is available for everyone to use on their own data

Conclusions

- AI methods are accurate enough tool to be applied for geospatial bedrock and groundwater surface predictions.
- The comparison between deep learning and Ordinary Kriging shows that deep learning can generate a more accurate surface.
- The uncertainty quantification using deep learning also shows superior performance and better estimation of the uncertainties than the geostatistical method Ordinary Kriging.

Thank you

BeFo



Patrik Vidstrand
Forskningsdirektör

STIFTELSEN BERGTEKNISK FORSKNING



Stiftelsen Bergteknisk Forskning, eller kort och gott BeFo, har sedan sin tillkomst på 70-talet varit en stabil och långsiktig aktör som samlar bergbranschen inom forskning och verkar för att utforma en väl fungerande nationell forsknings- och innovationsmiljö inom branschen.

BeFos huvudmän utgörs av en bred krets av företag och organisationer med gemensamt intresse av att utveckla bergteknik.

Kort om:

- ”Transportation geotechnics”
- ”Geotechnics” och ”Rock Engineering”
- ”Rock Engineering” och Bergteknik



BeFos huvudmän och forskningsfinansiärer har avsatt och avsätter årligen medel för att i stiftelsens regi genomföra forskning- och utvecklingsprojekt, med i förlängningen nyttor för respektive huvudmans verksamhet.

Forskningsområden

1. Undermarksplanering och gestaltning
2. Byggprocessen
3. Undersökning och karakterisering under planering, genomförande och drift
4. Dimensionering av bergförstärkning
5. Tätning samt vatten- och frostsäkring
6. Omgivningspåverkan med avseende på grundvatten, deformationer och vibrationer
7. Berguttag och gruvbrytning
8. Drift och Underhåll
9. Material – funktion och beständighet

STIFTELSEN BERGTEKNISK FORSKNING
ROCK ENGINEERING RESEARCH FOUNDATION

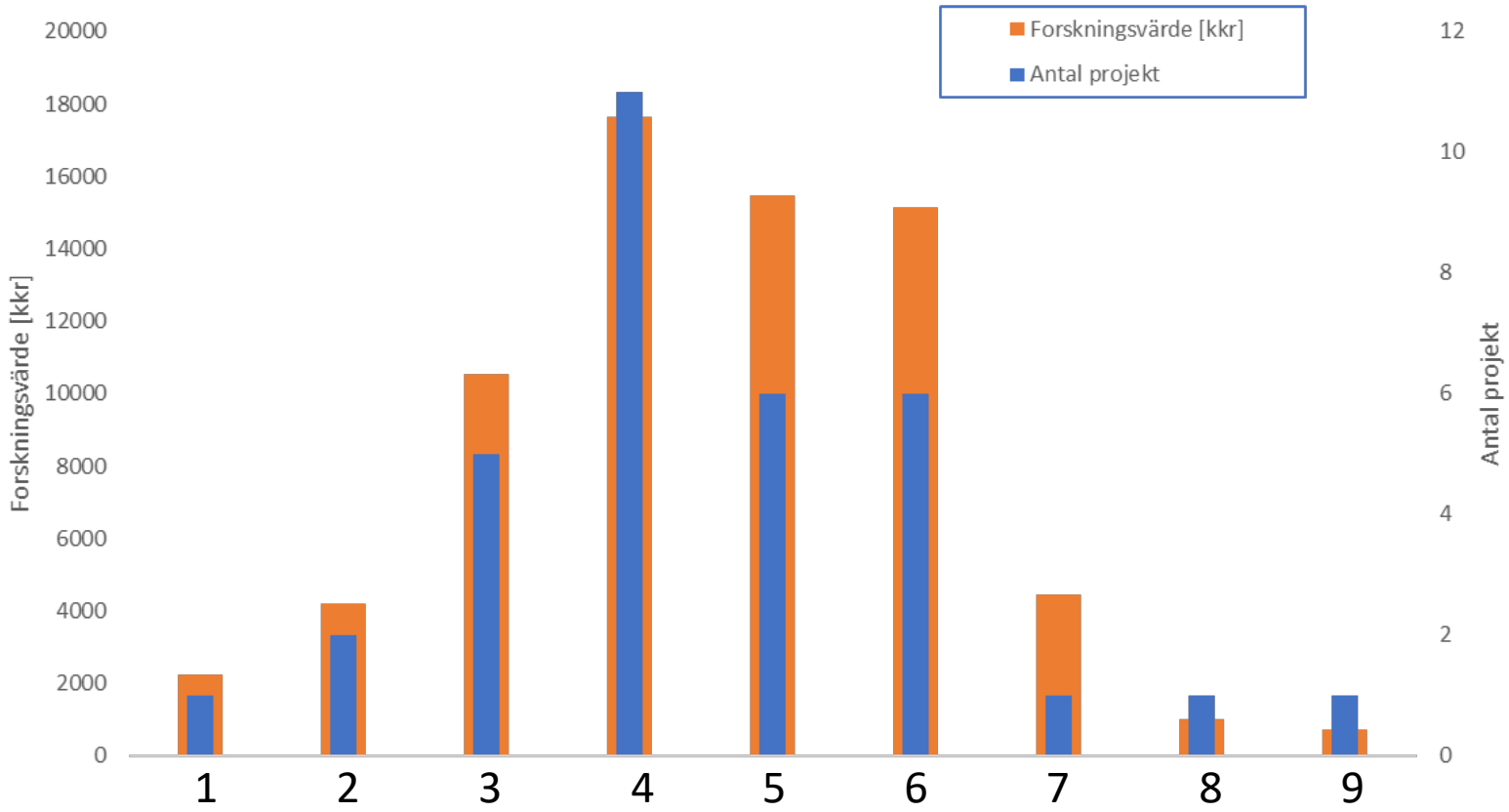
Program för Forskning Utveckling och Innovation 2021–2025 för Stiftelsen Bergteknisk Forskning - BeFo





BeFo finansierar, forskningsleder och deltar just nu i olika forskningsprojekt motsvarande ett ungefärligt totalt värde av 85 miljoner kronor.

BeFo initierar årligen forskningsprojekt motsvarande ca 30 miljoner kronor



Forskningsområden

1. Undermarksplanering och gestaltning
2. Byggprocessen
3. Undersökning och karakterisering under planering, genomförande och drift
4. Dimensionering av bergförstärkning
5. Tätning samt vatten- och frostsäkring
6. Omgivningspåverkan med avseende på grundvatten, deformationer och vibrationer
7. Berguttag och gruvbrytning
8. Drift och Underhåll
9. Material – funktion och beständighet

STIFTELSEN BERGTEKNISK FORSKNING

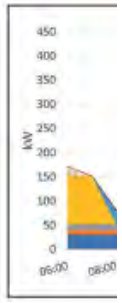


BeFo

NYA D
– en ut
och g

Jenny N
Lars O
Anders
Yevheni
Kristina
Jennie S

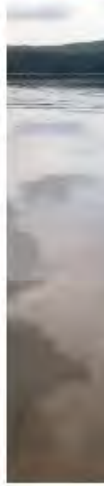
BeFo



HÅLLBA
FÖR HÅ
I BYGG
ELEKTR

Maria Jo
Sandra
Tobias R
Ann Seg

BeFo



INTEG
SOIL D
UNDE

Roger V
Matteo

BeFo

BEDÖM
BÄRFÖ
PÅ BER

Lars-Ol
Erim Gu
Erling N

BeFo



ENHETLIG
AV BERGIN
RAPPORT

Mikael Cre
Magnus Eri
Thomas Jar
Magnus Ze

BeFo



FÄLTSTU
VATTEN
ÅTERHÅ
FÖRÄND

Fredrik M
Lars O. E

BeFo

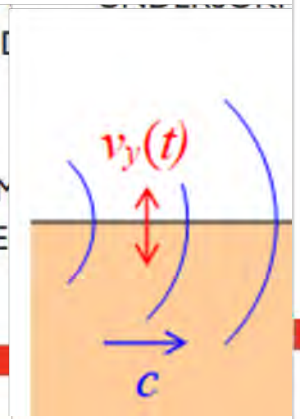
Skadeverkan mot byggna
av fältförsök

Peter Folkow, projektledare,

BeFo projekt 437

Sammanfattning

Vid sprängning i berg uppstår d
kan ge upphov till skador hos nä
begränsningar på tillåtna markv
berguttagets framdrivning, t.ex.
och Norge tillämpas, via respekt
vibrationsvärden för att undvika
föråldrade och kritik har framfö
den svenska och norska standar
erfordras dock en bättre förståe
orsakar skador i en byggnad och
belastad struktur. Projektet syft
markvibrationer och skador i ko
tillförlitlig prediktion av skaderis
byggnadsskador, mindre antal k
mer effektiv framdrift resultera



BeFo



UNDERH
I GÖTEB
-design o

Thomas Jans
Johan Funeh
Nils Granbe
Henrik Jonss

BeFo
STIFTELSEN BERGTEKNISK FORSKNING
ROCK ENGINEERING RESEARCH FOUNDATION



UTVÄRDERING EFTER 17 ÅRS FÄLTEXPONERING AV SPRUCKEN STÅLFIBERARMERAD SPRUTBETONG

Erik Nordström

BeFo Rapport 153



https://www.befoonline.org



BeFo
STIFTELSEN BERGTEKNISK FORSKNING
ROCK ENGINEERING RESEARCH FOUNDATION

Hem | BeFo | Forskning | Bergdagarna | Aktiviteter | Publikationer | Länkar | Kontakt

Pågående forskningsprojekt

Följande forskningsprojekt inom BeFos forskningsprogram är pågående.



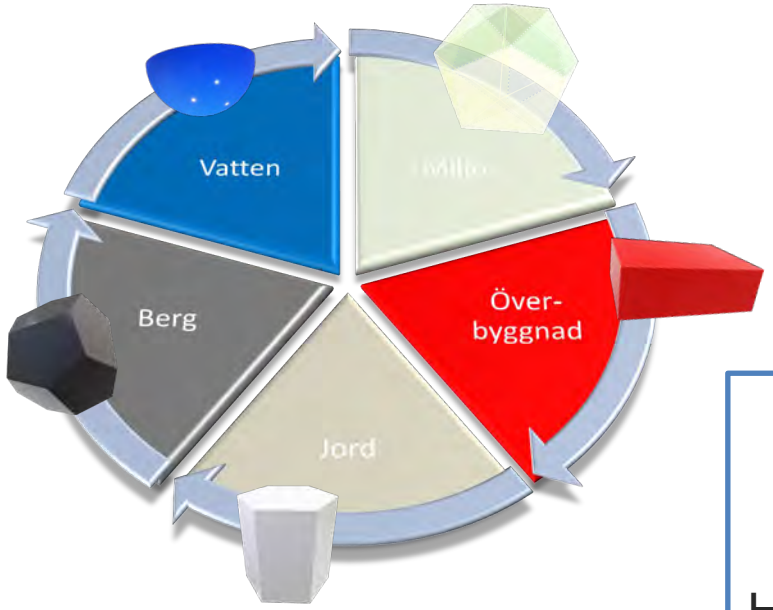
BeFo



patrik.vidstrand@befoonline.org



Vilken är nyttan?
Dela erfarenheter



När vi presenterar det som görs / projektresultat

Vilken nytta ger resultaten till de 4 andra kompisarna?

Vilken nytta kunde projekten haft av de 4 andra kompisarna?

När vi delar erfarenheter om hur vi arbetar

Hur skulle de 4 andra kompisarna kunna ta nytta av era erfarenheter?

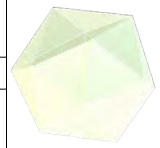
Vilka tankar eller frågor vill de 4 andra kompisarna dela med er?

Transportation Geotechnics
Två dagar för att diskutera

	26 JANUARI
11.30	**Registrering och kaffe**
11.45	**Transportation Geotechnics – vad är det?**
	Välkommen! *K. Viking, Trafikverket*
	Transportation Geotechnics en första bild Inklusive introduktion av medverkande teknikområden *G. Franzén, BIG sekretariat*
12.45	**Gemensam lunch**
13:45	**Transportation Geotechnics – Jord**
	Omgivningspåverkan vid installation av pålar *J. Isaksson, Chalmers*
	Applicering av beslutsteori för geoteknik – Optimal överlast *J. Spross, KTH*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Överbyggnad
	Påverkan från kulvertar på bankens beteende *J. Meng, Luleå*
	Pågående forskning inom Överbyggnad *R. Karlsson, Trafikverket*
	Diskussion
16.00	Eftermiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Miljö
	Alternativa bindemedel och hållbarhetsvärdering *X. Song, SGI*
	Pågående forskning inom miljö *Representant från Trafikverket*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – Sammanfattning dag 1
	Summering av diskussionen så här långt Introduktion till kvällens fortsatta diskussion runt småbord. *G. Franzén, BIG sekretariat*
PREL.19.00	Diskussion runt "Transportation Geotechnics" fortsätter runt små bord, där klockan inte längre styr.

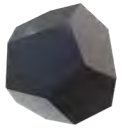






	27 JANUARI
08.30	**Transportation Geotechnics**
	Vi summerar föregående kvälls diskussioner
	Transportation Geotechnics – Vatten
	Uppumpning av vatten från jord under bankar *J.Laue/T. Do, Luleå*
	Pågående forskning inom Vatten *C. Butron, Trafikverket*
	Diskussion
Prel 10.00	Förmiddags paus med energipåfyllning
	Transportation Geotechnics – Berg
	Modellering av bergnivåer med AI *C, Shan, Tyrens / KTH*
	Pågående forskning inom Vatten *P. Vidstrand, BEFO*
	Diskussion
	Transportation Geotechnics – En möjlighet?
	Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs? Diskussion där några utvalda börjar med att ge sin syn. Övriga fyller sedan på med sin syn. Vilken slutsats drar vi avseende möjligheterna?
13.00 – 14.00	**Vi avslutar dagarna med en gemensam lunch!**





Transportation Geotechnics

EN möjlighet?

Kan "Transportation Geotechnics" vara ett begrepp som skapar mer kunskap och nytta av den forskning som görs?

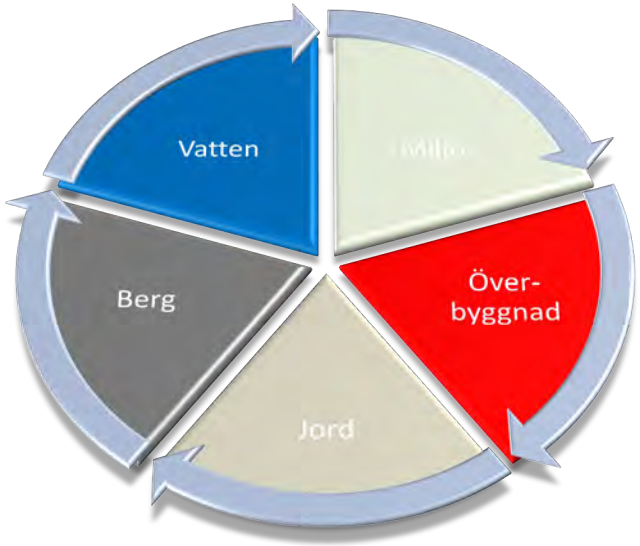




Or use QR code

Avslutning





TACK FÖR DIN MEDVERKAN!