TURPEEN PAINUMAOMINAISUUKSIEN JA VEDENLÄPÄISEVYYDEN ARVIOINTI VESIPITOISUUDEN JA MAATUNEISUUDEN AVULLA

Diplomityö, Rasmus Sillanpää

DESTIA
A COLAS COMPANY

Rahoitus & ohjaus

- **Diplomityö Väyläviraston ja Destian rahoituksella n. 50/50**
- **Aloitettu 6/2022**
- **Valmis 1/2023**

- **Väylävirasto**
  - Hannu Siira
- **Destia**
  - Juha Selänpää
  - (Mikko Smura, kommentointi yksityisenä geokonsulttina)
- **Tampereen yliopisto**
  - Tim Länsivaara

DESTIA
A COLAS COMPANY

© Destia

Diplomityön tausta, tavoitteet ja menetelmät

- **Tausta**
  - Mikko Smura ollut mukana rengaskevennysohjeen laadinnassa → turpeen painumaominaisuuksien arvioiminen ilman ödometrikokeita koettu haastavaksi
- **Tavoitteet**
  - Löytää yhteyksiä turpeen indeksiominaisuuksien (vesipitoisuus & maatuneisuus) ja painumaparametrien välillä, jotta voidaan arvioida indeksiominaisuuksien perusteella turpeen painuma käyttäytymistä
  - Toimia tietopakettina turpeen painumaominaisuuksista (turpeen ominaisuudet tunnettu ja dokumentoitu huomattavasti huonommin kuin kivennäismaalajien)
- **Menetelmät**
  - Pääosin kirjallisuustutkimus: kerätään Suomesta, Ruotsista ja Norjasta aineistoa turpeen painumaominaisuuksista
  - Väylävirastolla oli meneillään pari hanketta jossa turpeita → turvenäytteille ödometrikokeita Tampereen yliopistolla

DESTIA
A COLAS COMPANY

© Destia

Diplomityön sisällysluettelon pääotsikot

1 Johdanto

2 Maaperä ja painuma

3 Turve ja sen ominaisuudet

4 Aineiston läpikäynti ja datan kerääminen

5 Tulosten tarkastelu

6 Yhteenveto

DESTIA
A COLAS COMPANY

Aineisto

- **Ödometri- ja indeksikoetuloksia kerättiin Suomesta, Ruotsista ja Norjasta**
  - Julkaisut, artikkelit ja yliopistot Suomessa
- **Tampereen yliopistolla 4 kpl portaittaisia ödometrikokeita osana diplomityötä**
- **Tampereen yliopistolla 9 kpl portaittaisia ödometrikokeita Väyläviraston hankkeelta Pieksämäeltä**
  - Turpeen päällä ollut pari metriä täyttöä kymmeniä vuosia → Tulokset erillään ja niitä ei esitellä nyt ajan säästön vuoksi

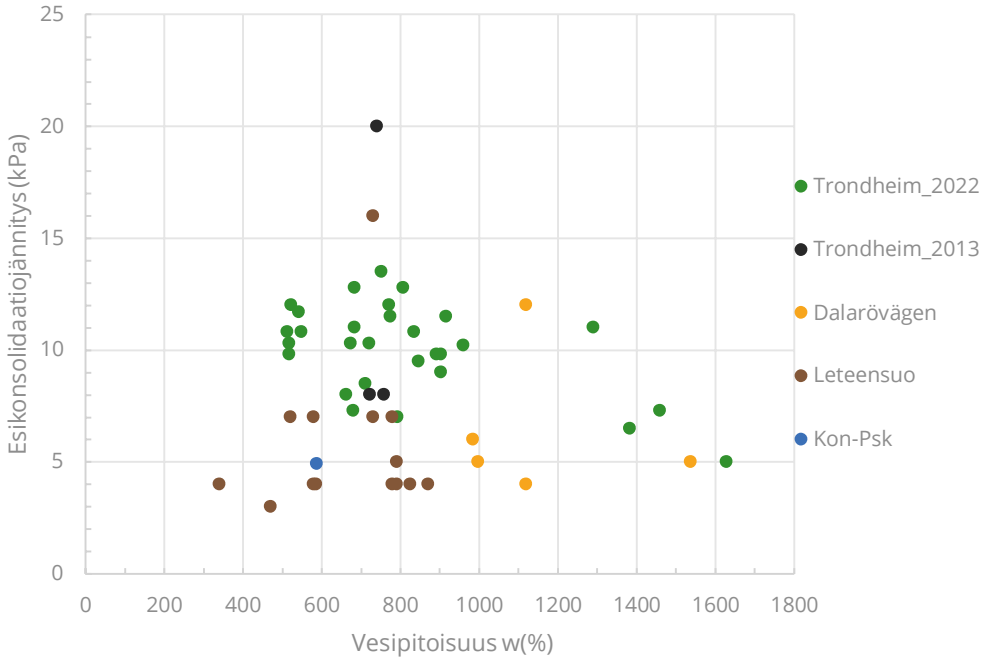
Näytteitä yhteensä	**82**
Vesipitoisuus, w (%)	79
Maatuneisuusaste, H (von Post)	80
Irtotiheys, ρ (t/m^3)	44
Tuhkapitoisuus, A_c	33
Huokosluku, e	46
Esikonsolidaatiojännitys, σ'_c (kPa)	55
Kokoonpuristuvuusindeksi, C_c	48
Vedenläpäisevyys, k (m/s)	21
Vedenläpäisevyyden muutos kokoon-puristuman suhteen, β (Δlogk/Δε)	21
Primääripainumaparametrit	79
Sekundääripainumakerroin, $C_{\alpha\varepsilon}$ (%)	50

DESTIA
A COLAS COMPANY

© Destia

Aineiston esikonsolidaatiojännitykset ja vesipitoisuudet

- **Pääosa tuloksista 5-15 kPa välillä → ei havaittavissa yhteyttä vesipitoisuuteen**
- **Turpeilla alhainen esikonsolidaatiojännitys, määrittäminen hankalaa, myös näytteen häiriintyminen hankaloittaa**

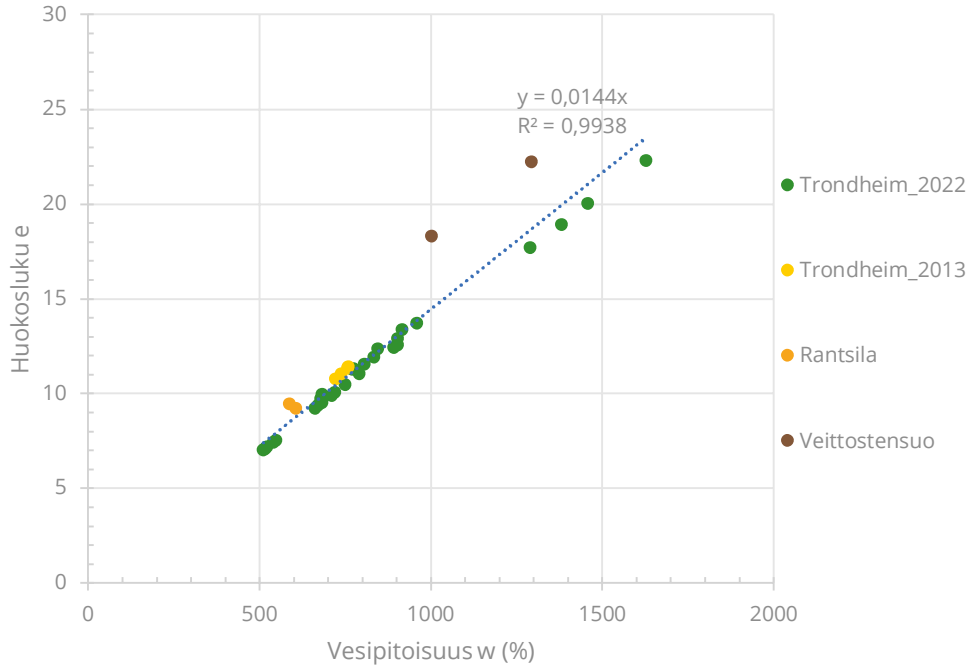


© Destia

DESTIA
A COLAS COMPANY

Aineiston vesipitoisuuksien ja huokoslukujen yhteys

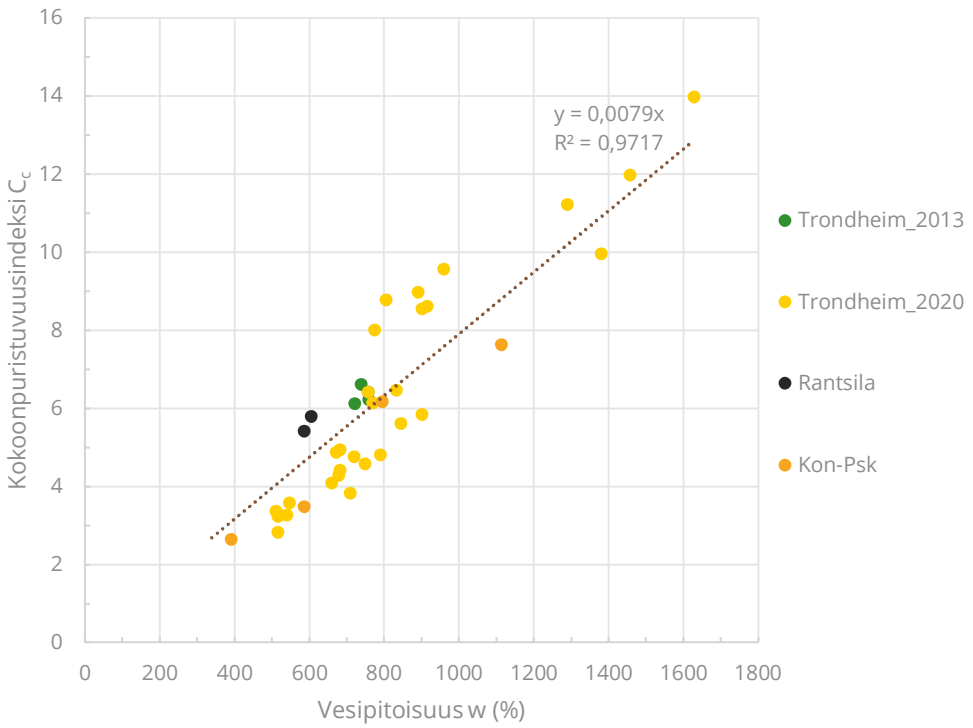
- **Huokosluvulla ja vesipitoisuudella on selkeä yhteys**
- **Turpeilla huokosluvun sekä vesipitoisuuden arvot ovat merkittävästi suurempia kuin kivennäismaalajeilla**
- **Trendiviivaa hyödynnetty myöhemmin!**



© Destia

Aineiston kokoonpuristuvuusindeksien yhteys vesipitoisuuteen

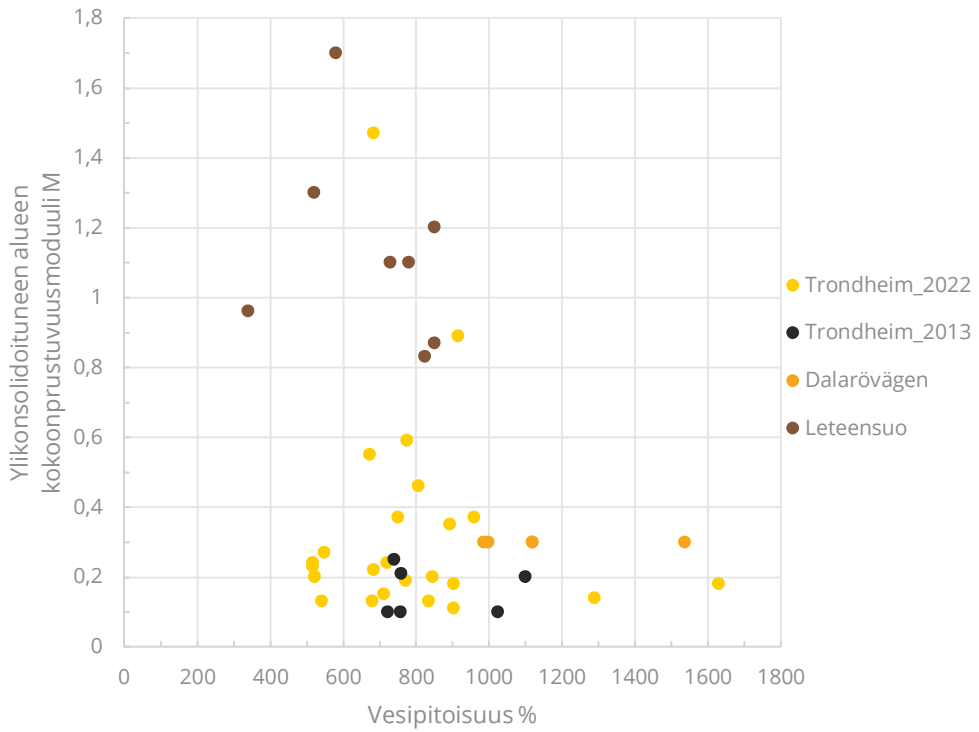
- **Kokoonpuristuvuusindeksin arvot suuria**
  - Kokoonpuristuvuusindeksillä yhteys vesipitoisuuteen, määritetään huokosluvun kautta
- **Trendiviivaa hyödynnetty myöhemmin!**



© Destia

Aineiston ylikonsolidoituneen alueen kokoonpuristuvuusmoduulien riippuvuus vesipitoisuudesta

- **Suurin osa tuloksista osuu 0,1-0,4 MPa välille**
  - Leteensuon tulokset ja pari tulosta Trondheimista poikkeavat merkittävästi muista tuloksista
  - Tulokset alhaisia, ei selkeää yhteyttä vesipitoisuuteen

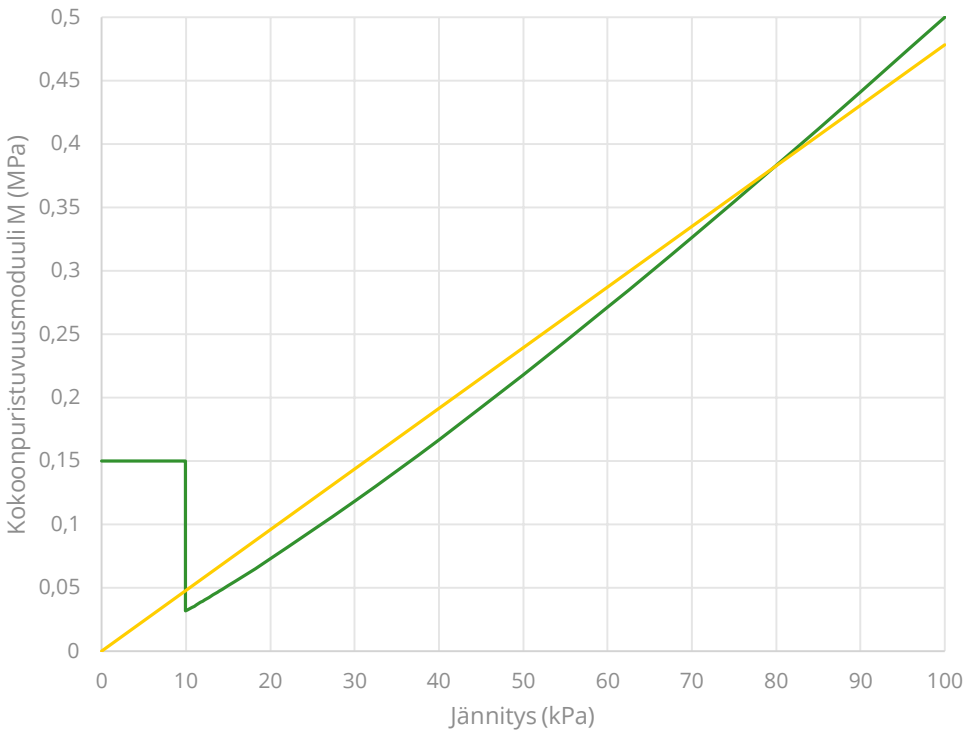


DESTIA
A COLAS COMPANY

© Destia

Sovitettu moduuliluku?

- **Kokoonpuristuvuusmoduulikäyrän mallintaminen poikkeaa eri maiden välillä → laskennassa käytettyjä parametrejä ei voi vertailla suoraan toisiinsa**
- **Mutkat suoriksi**
  - Kokoonpuristuvuusmoduuli laskettu 80 kPa jännityksellä
  - Sovitettu moduuliluku on jännitys-kokoonpuristuvuusmoduulisuoran kulmakerroin (*β=0, tangenttimoduulimenetelmä)*
  - Vihreä ”todellinen”, keltainen sovitettu

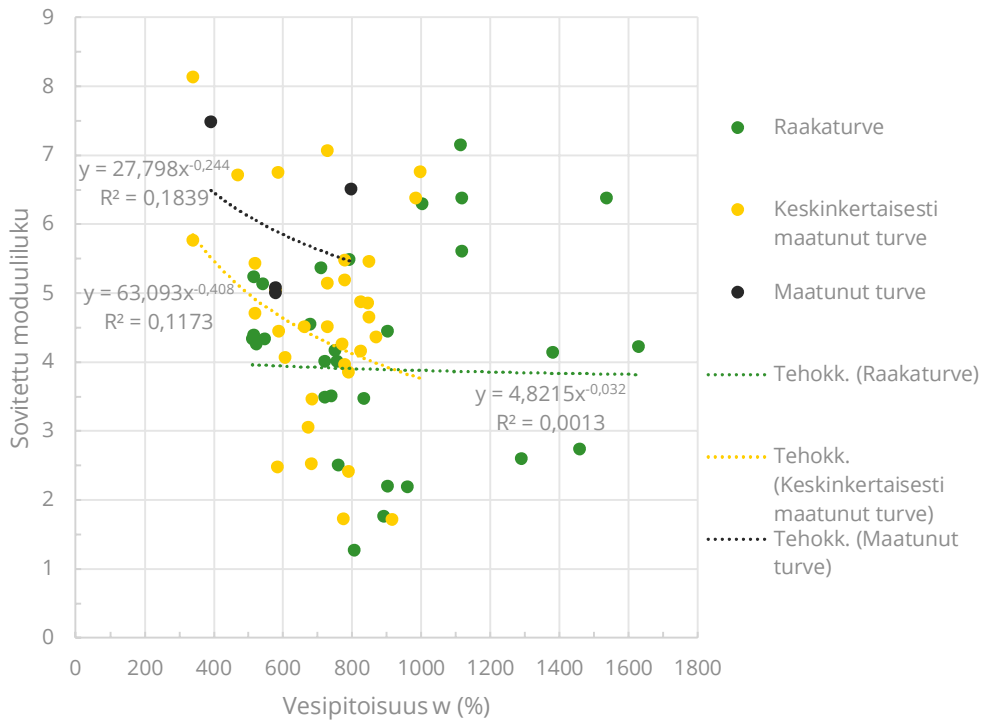


© Destia

Aineiston sovitetut moduuliluvut ja vesipitoisuudet jaoteltuna maatuneisuuden mukaan

- **Sovitetut moduuliluvut kasvavat maatuneisuuden kasvaessa sekä vesipitoisuuden pienentyessä**
  - Maatuneisuuden jaottelu kolmeen luokkaan geoteknisen maalajiluokituksen mukaan

Maatuneisuus	H (von Post)
Raakaturve	1...3
Keskinkertaisesti maatunut turve	4...6
Maatunut turve	7...10

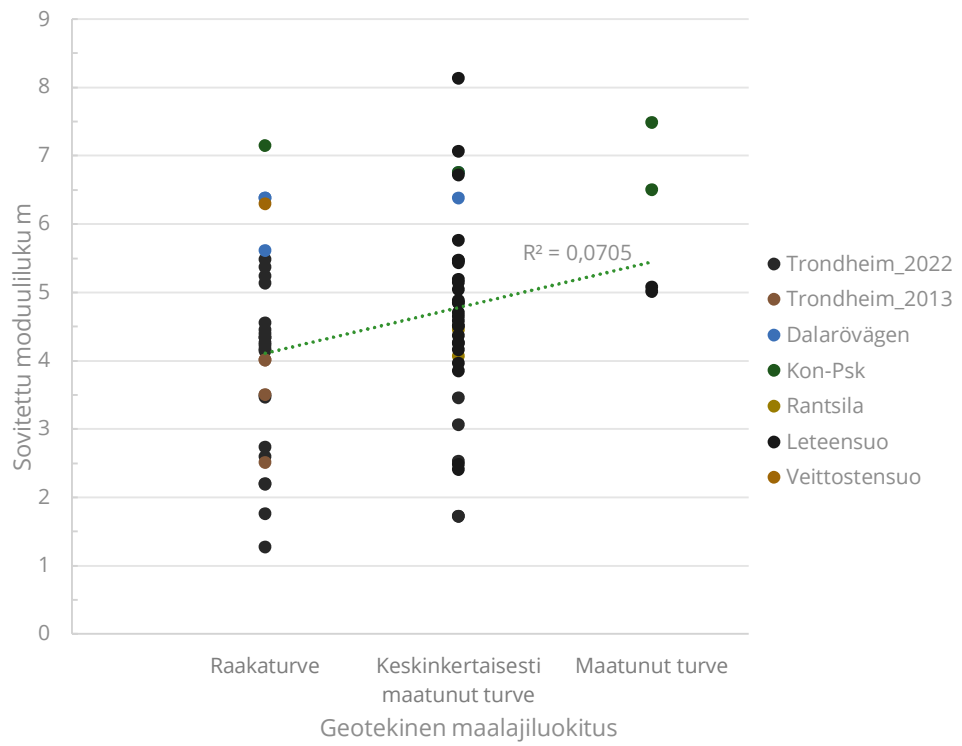


© Destia

DESTIA
A COLAS COMPANY

Aineiston sovitettujen moduulilukujen riippuvuus maatuneisuudesta

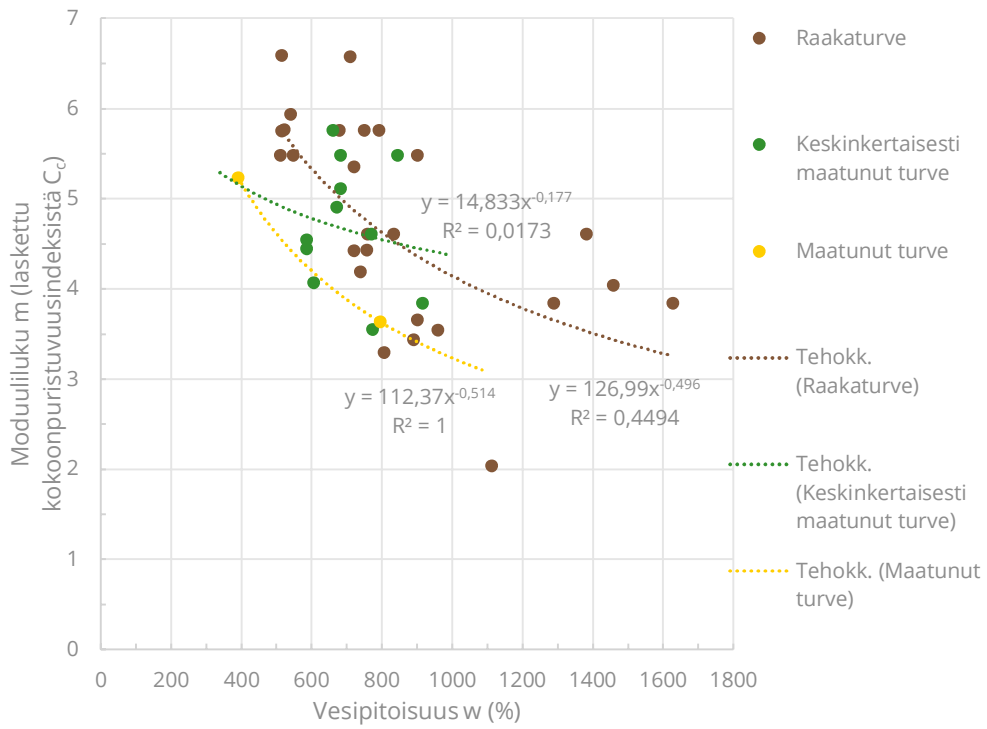
Maatuneisuus	Sovitetun moduuliluvun keskiarvo	Keskihajonta
Raakaturve	4,18	1,46
Keskinkertaisesti maatunut turve	4,65	1,47
Maatunut turve	6,01	1,20



© Destia

Aineiston kokoonpuristuvuusindeksistä laskettujen moduulilukujen yhteys vesipitoisuuteen jaoteltuna maatuneisuuden mukaan

- **Kokoonpuristuvuusindeksistä voidaan laskea moduuliluku**
- **Moduuliluvut kasvavat vesipitoisuuden pienentyessä**

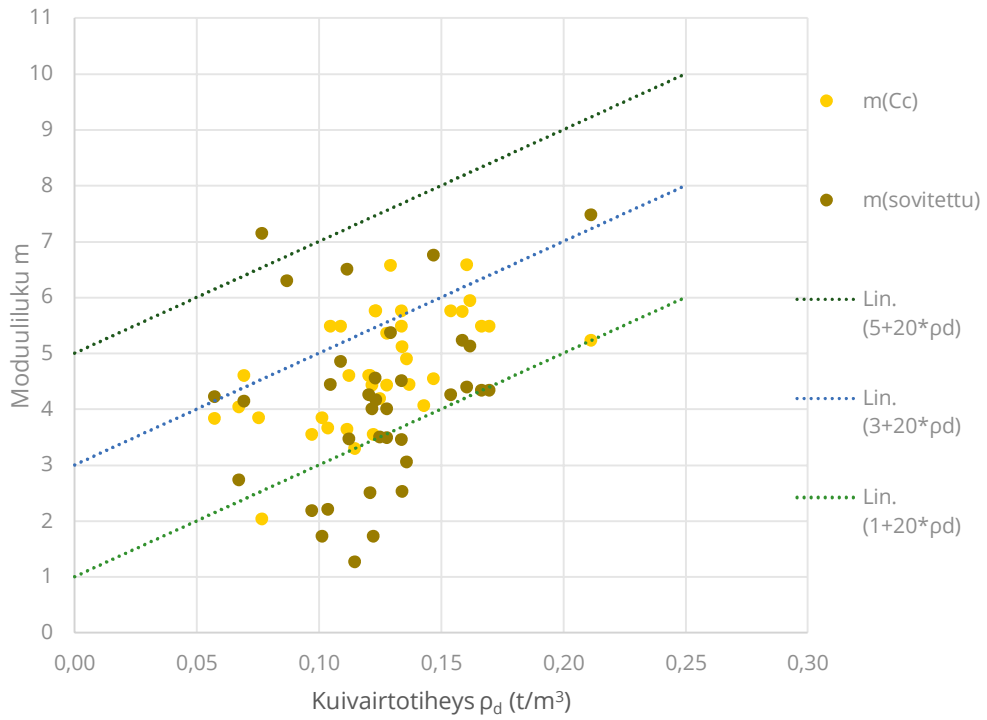


DESTIA
A COLAS COMPANY

© Destia

Aineiston kokoonpuristuvuusindekseistä laskettujen sekä sovitettujen moduulilukujen yhteys kuivairtotiheyteen

- **Helenelund on esittänyt, että moduuliluku on riippuvainen kuivairtotiheydestä: $m=(3...5)+20*\rho_d$**
- **Aineiston moduuliluvut yleisesti pienempiä kuin Helenelundin esittämällä kaavalla lasketut moduuliluvut**
- **Aineiston tuloksiin sopisi paremmin $m=(1...3)+20*\rho_d$**

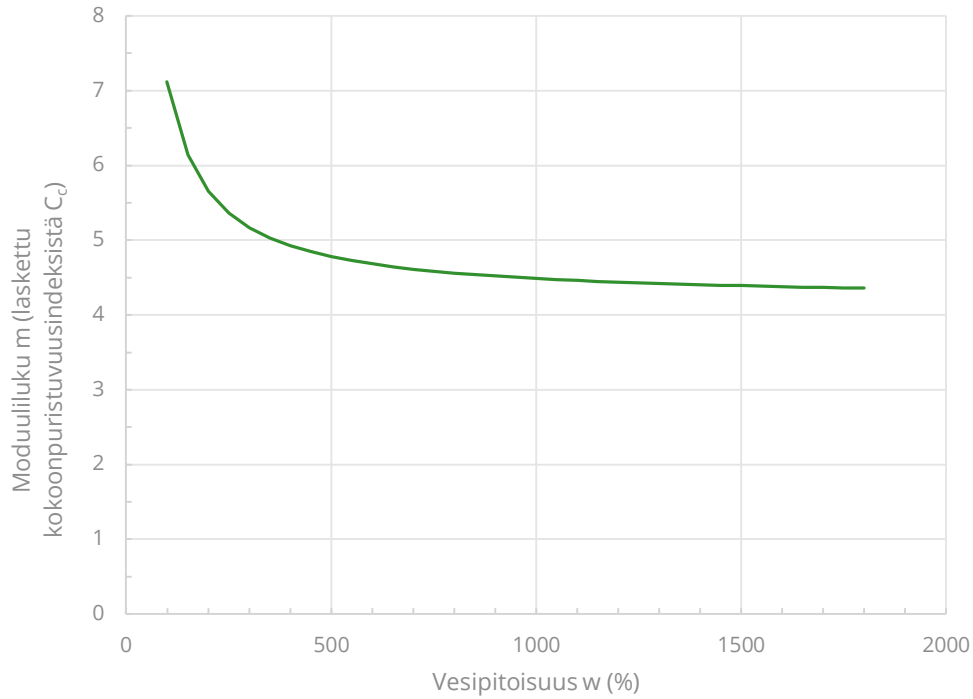


© Destia

DESTIA
A COLAS COMPANY

Aineiston trendiviivoihin pohjautuva kokoonpuristuvuusindeksistä lasketun moduuliluvun riippuvuus vesipitoisuudesta

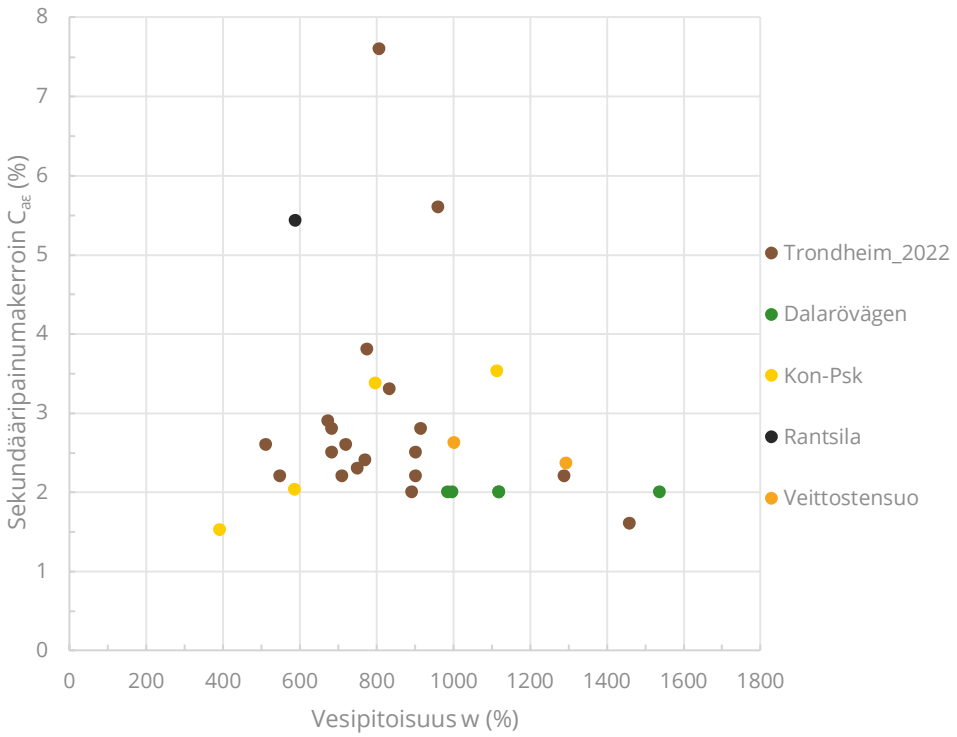
- **Huokosluku:**
  - $e = 0,0144 * w$
- **Kokoonpuristuvuusindeksi:**
  - $C_c = 0,0079 * w$
- **Moduuliluku:**
  - $m = \frac{ln10*(1+e)}{C_c} = \frac{ln10*(1+0,0144*w)}{0,0079*w}$



© Destia

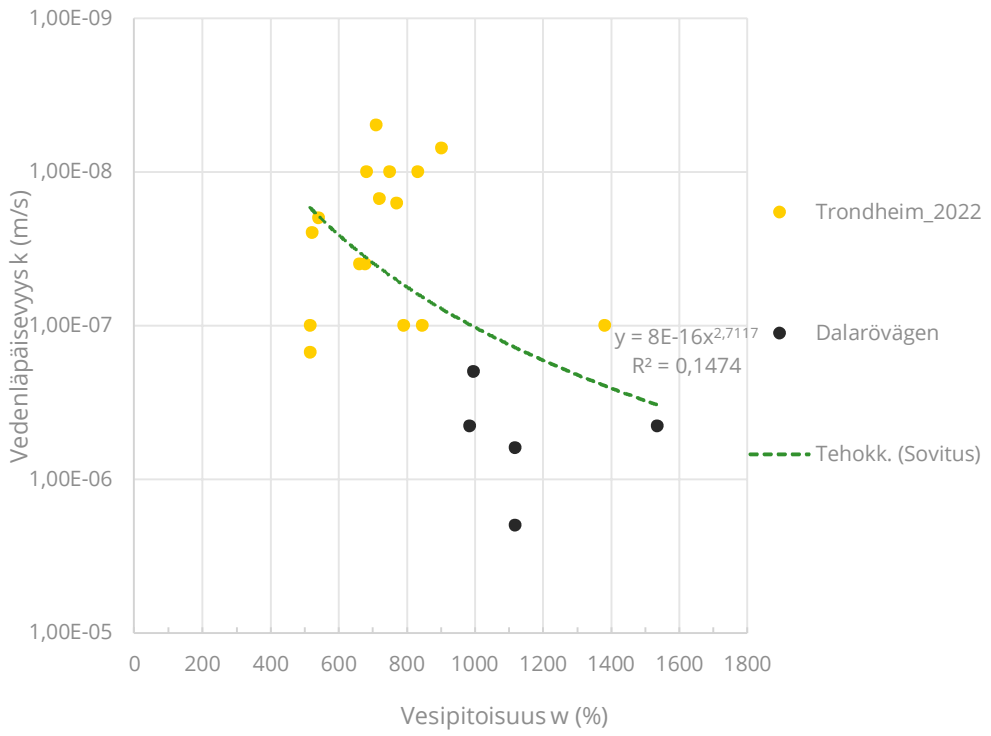
Aineiston sekundääripainumakertoimien yhteys vesipitoisuuteen

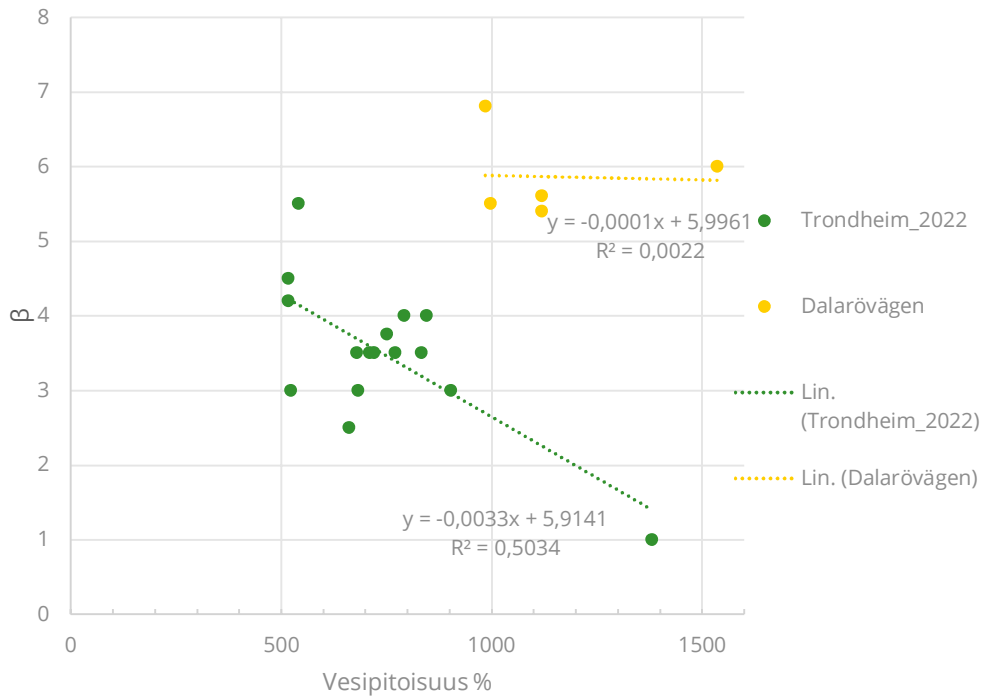
- **Sekundääripainumakerroin jännitysriippuvainen**
- **Vaihtelu pääosin 1,5…4 % välillä**
  - Keskiarvo 2,8 %
- **Sekundääripainumakertoimen arvoissa on havaittavissa pientä laskua vesipitoisuuden kasvaessa**
- **Arvot samaa suuruusluokkaa aikaisempien tutkimusten kanssa**



© Destia

Aineiston vedenläpäisevyyksien ja vedenläpäisevyyden muutoksen ja kokoonpuristuman muutoksen suhteen (β) yhteys vesipitoisuuteen





DESTIA
A COLAS COMPANY

© Destia

Yhteenveto

- **Tuloksissa melko suurta vaihtelua**
  - Päästy kuitenkin kiinni missä suuruusluokassa parametrit liikkuvat
- **Primääripainuma**
  - Moduuliluku kasvaa vesipitoisuuden pienentyessä→ maatumisasteen kasvaessa.
  - Sovitettu moduuliluku: raakaturve 4,18, keskinkertaisesti maatunut turve 4,65 ja maatunut turve 6,01.
  - Aineiston pohjalta lasketut moduuliluvut (huokosluku ja kokoonpuristuvuusindeksi) w=500% → 4,8 ja w=1500 % →4,4.
- **Sekundääripainumakerroin**
  - Vaihtelu pääosin 1,5…4 %
  - Keskiarvo 2,8 %
  - Pienenevät hieman vesipitoisuuden kasvaessa → kasvaa maatumisasteen kasvaessa
- **Luonnontilaisen turpeen vedenläpäisevyys melko suuri, mutta kuormitettaessa laskee merkittävästi**
  - Primääripainuma tapahtuu kuitenkin melko nopeasti
- **Pitkään kuormituksen alla olleen turpeen ominaisuudet poikkesivat merkittävästi luonnontilaisesta turpeesta**

DESTIA
A COLAS COMPANY

© Destia

Kiitos!

DESTIA
A COLAS COMPANY

Työ löytyy Tampereen yliopiston julkaisuarkistosta:

https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202302062057