

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

Latvijas Universitātes 82. zinātniskā konference
Sesija «Lietišķā ģeoloģija»

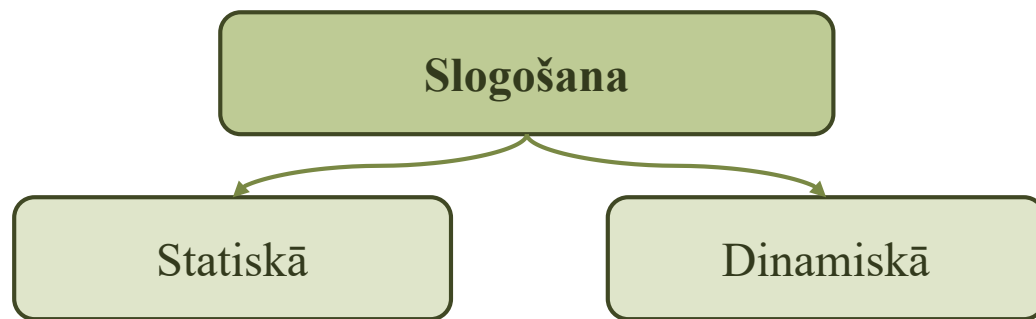
*sCPTU un MASW lauka izpētes metožu salīdzinājums un
iegūto šķērsviļņu izplatīšanās ātruma statistiskā apstrāde
Pienavas vēja parka ģeotehniskās priekšizpētes ietvaros*

Autors : B.Sc.ģeol, inž.-ģeol. Valērija Guščina

Saturs

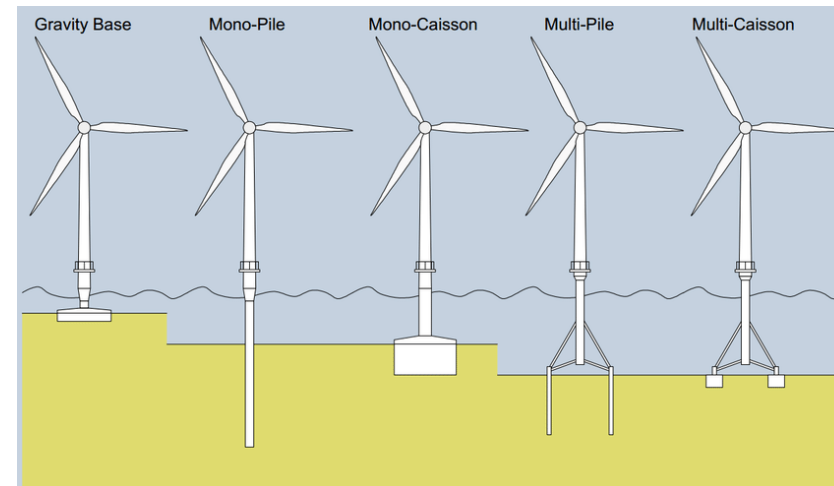
- Ievads
 - Aktualitāte
 - Noteikšanas iespējas
 - Darba mērķis un uzdevumi
- Izmantotās metodes
 - sCPTU
 - MASW
- sCPTU un MASW metožu salīdzinājums
- Rezultātu statistiskā apstrāde
- Kopsavilkums
- Izmantotās literatūras saraksts

Aktualitāte



Dinamiskās slodzes avoti : zemestrīces, transports, dzelzceļš, vēja slodze utt.

Jaunas prasības = jaunas laboratorijas un lauka noteikšanas metodes Latvijā

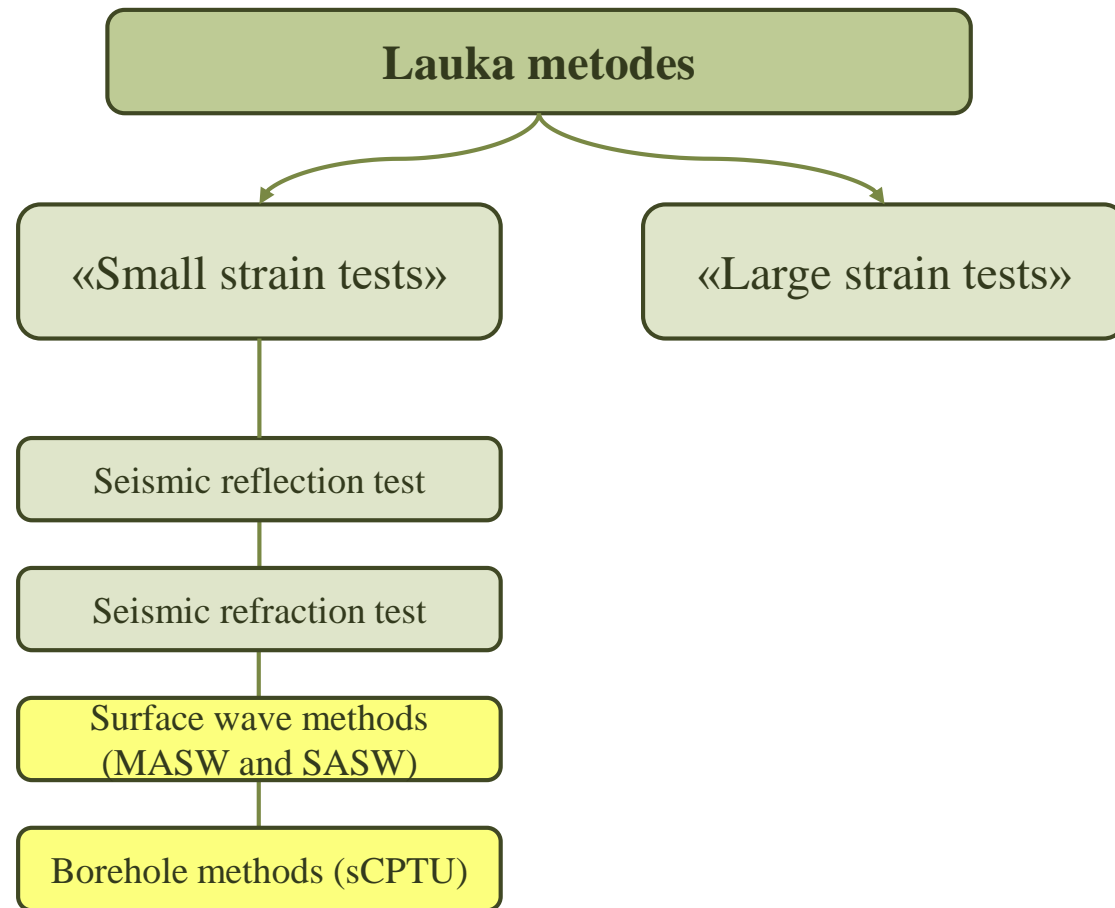
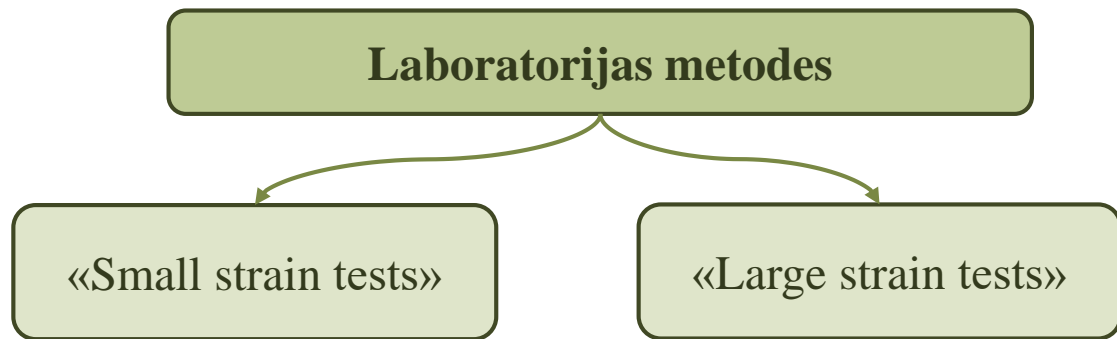


1. att. Vēja turbīnu pamatu veidi (Sheikh, et. al., 2015)



2. att. Vēja elektrostacija (Avots : GeoStru)

Noteikšanas iespējas



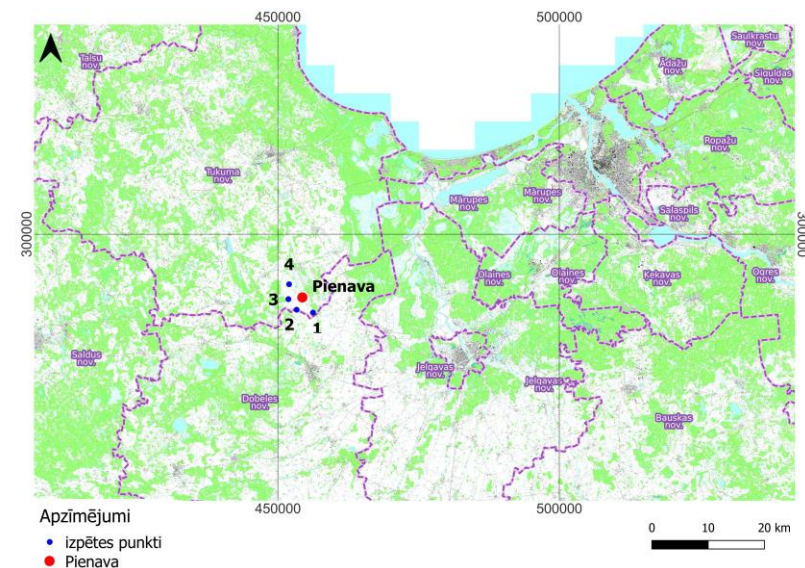
Darba mērķis un uzdevumi

Mērķis :

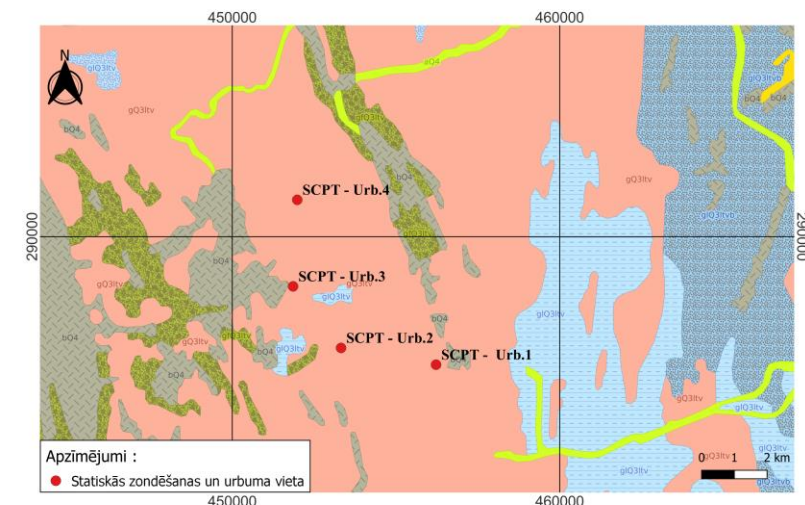
- Noteikt grunts dinamiskās īpašības plānotajā vēja parkā Pienavas apkārtnē

Uzdevumi :

- Veikt seismisko izpēti ar sCPTU metodi četros izpētes punktos;
- Veikt seismisko izpēti ar MASW metodi četros izpētes punktos;
 - Salīdzināt iegūtos rezultātus;
 - Apstrādāt iegūtos rezultātus.



3. att. Izpētes punktu izvietojums topokartē M 1:10 000, LĢIA, LU karšu serviss (Sagatavojis autors)



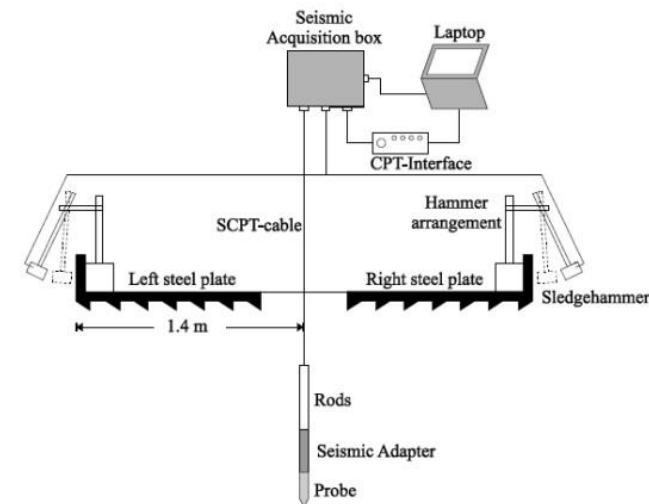
4. att. Izpētes punktu izvietojums kvartāra nogulumu kartē, LVM GEO karšu serviss (Sagatavojis autors)

Izmantotās metodes

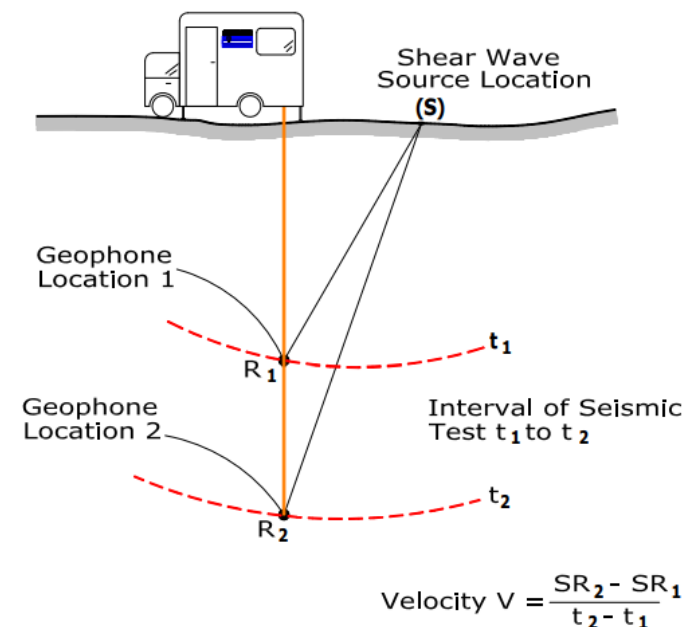
Seismiskās statiskās zondēšanas iekārta

sCPTU (ang. Seismic Cone Penetration Test) ir seismiskās pārbaudes un statiskās zondēšanas ar poru spiediena mērījumiem metožu apvienojums.

Metode tiek īstenota, pievienojot divus ģeofonus īpaši pielāgotam statiskās zondēšanas aprīkojumam, kas ietver seismogrāfu, veseri, metāla plāksnes un kabeļu sistēmu.



5. att. sCPTU shematiskais attēlojums (Holmsgaard, Ibsen & Nielsen, 2016)



6. att. sCPTU shematiskais attēlojums (Avots : Gregg Drilling, 2015)

Izmantotās metodes

Seismiskās statiskās zondēšanas iekārta

sCPTU (ang. Seismic Cone Penetration Test) ir seismiskās pārbaudes un statiskās zondēšanas ar poru spiediena mērījumiem metožu apvienojums.

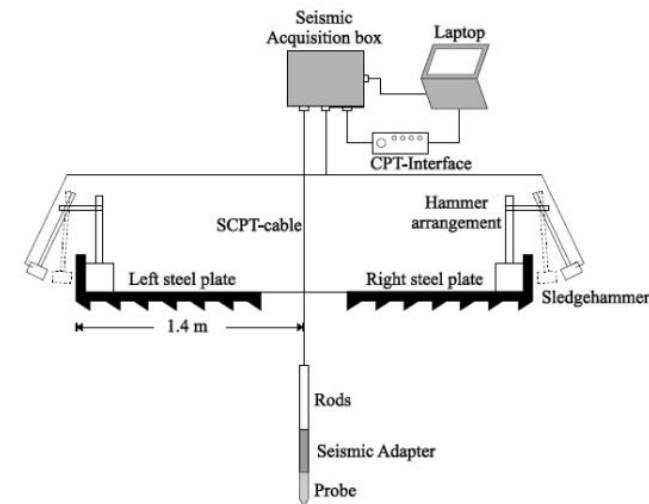
Iegūtie parametri

Zondes konusa
uzgaļa
iespiešanas
pretestība q_c

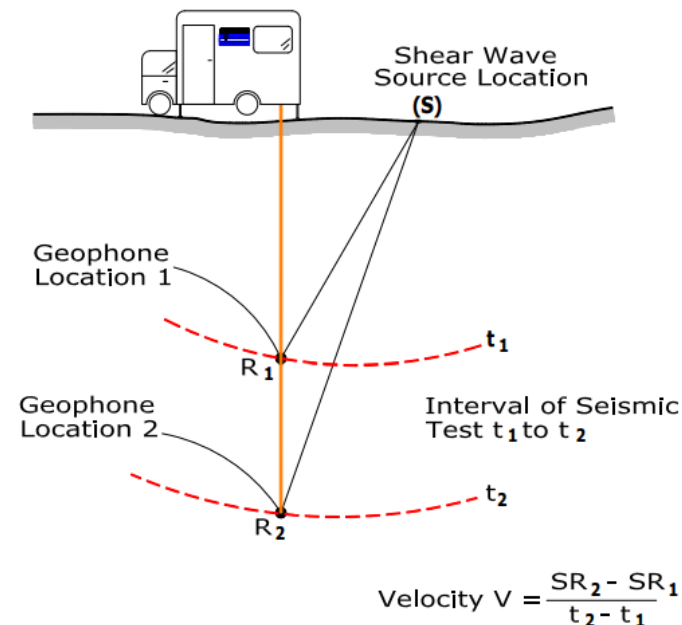
Sānu berze gar
zondes stieni f_s

Porūdens
spiediena
mērījumi u

Grunts
šķērsviļņu V_s un
kompresijas
(primāro) viļņu
 V_p izplatšanās
ātrumi



5. att. sCPTU shematisks attēlojums (Holmsgaard, Ibsen & Nielsen, 2016)



6. att. sCPTU shematisks attēlojums (Avots : Gregg Drilling, 2015)

Izmantotās metodes

Seismiskās statiskās zondēšanas iekārta

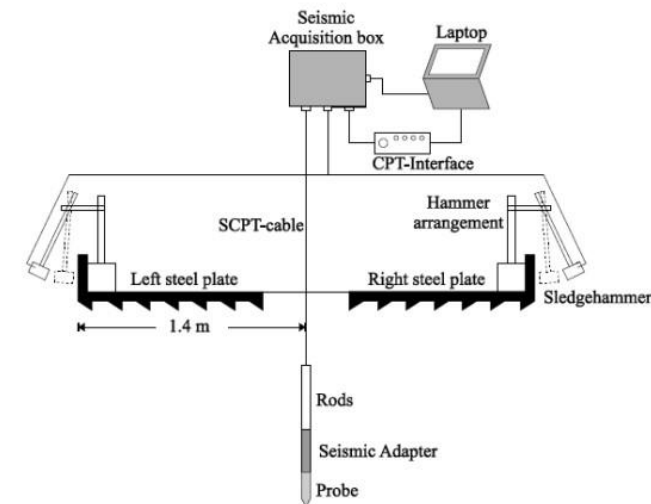
sCPTU (ang. Seismic Cone Penetration Test) ir seismiskās pārbaudes un statiskās zondēšanas ar poru spiediena mērījumiem metožu apvienojums.

Atvasinātie parametri

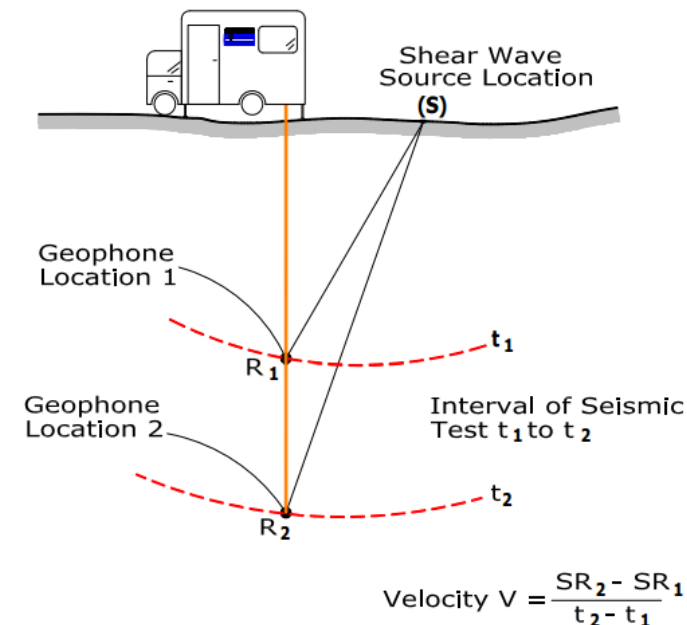
Bīdes modulis G_0

Sākotnējais dinamiskais deformācijas modulis E_0

Aprēķinam nepieciešamie papildus parametri - grunts blīvums ρ un Puasona koeficients ν



5. att. sCPTU shematiskais attēlojums (Holmsgaard, Ibsen & Nielsen, 2016)



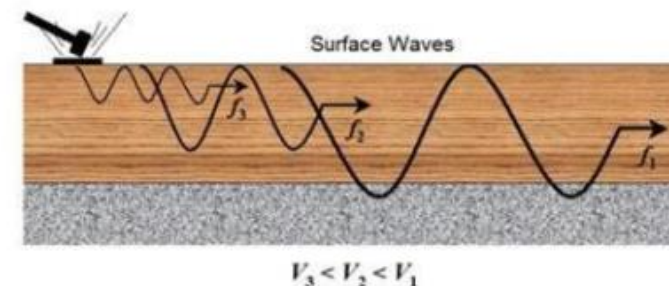
6. att. sCPTU shematiskais attēlojums (Avots : Gregg Drilling, 2015)

Izmantotās metodes

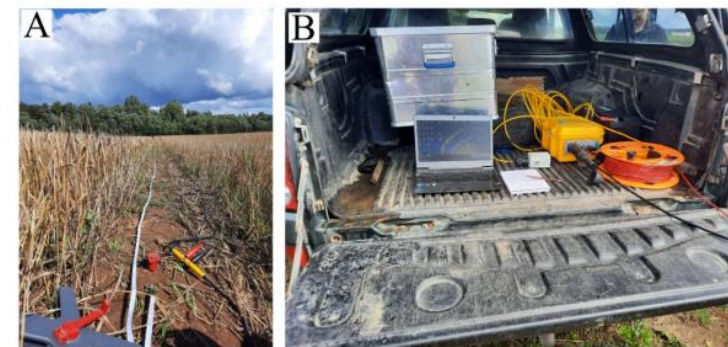
Virsmas viļņu vairākanālu analīze

MASW (ang. Multichannel Analysis of Surface Waves) ir seismiskā izpēte, izmantojot vertikālo svārstību ieraksta ģeofonus. Ģeofoni tika izkārtoti taisnā līnijā. Seismiskās svārstības tika izraisītas ar 10 kg āmuru, sitot pa uz zemes novietotu plāksni (Kārušs, 2023).

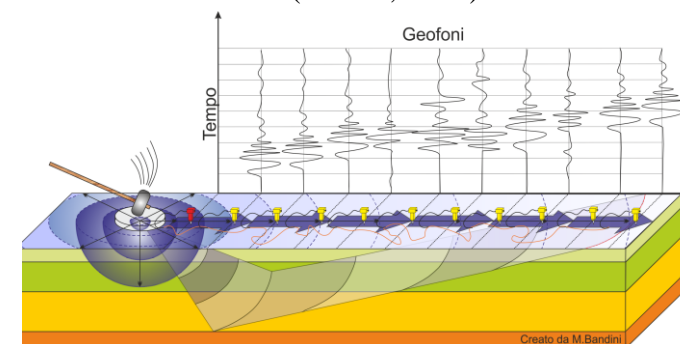
Izmantojot datus, tiek veidots seismiskais modelis, kas satur slāņu skaitu ar noteiktu biezumu, kas sadalīti, balstoties uz raksturīgos šķērsviļņu izplatīšanās ātrumus (Kārušs, 2023).



7. att. Virsmas viļņu ātrums atkarībā no frekvences (Park Seismic LLC, 2017)



8. att. A) 1 ass ģeofons. B) Seismogrāfs Geode-24 (Kārušs, 2023)



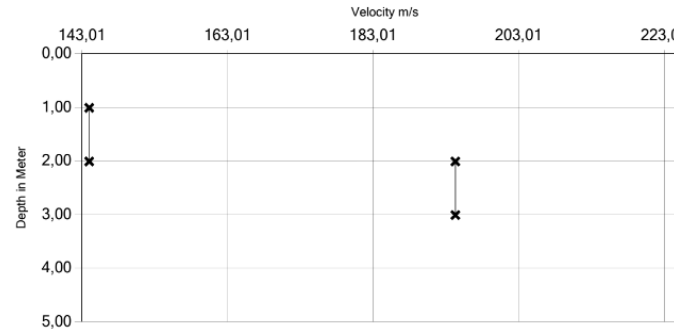
9. att. MASW shematiskais attēlojums (Avots : GeoStru)

sCPTU un MASW metožu salīdzinājums

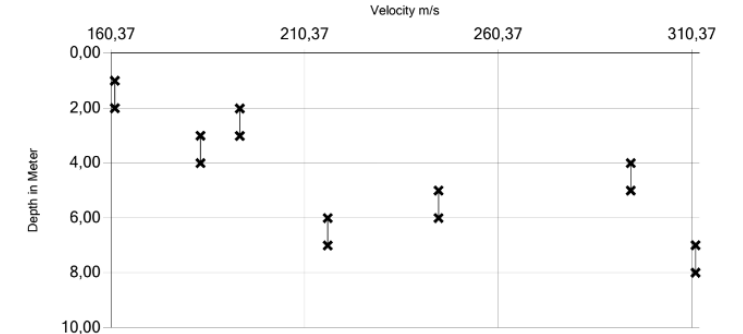
sCPTU

Izpētes dziļums : bez priekšurbšanas jeb līderurbšanas atkarīgs no iekārtas tehnisko iespēju robežas un grunts tipa

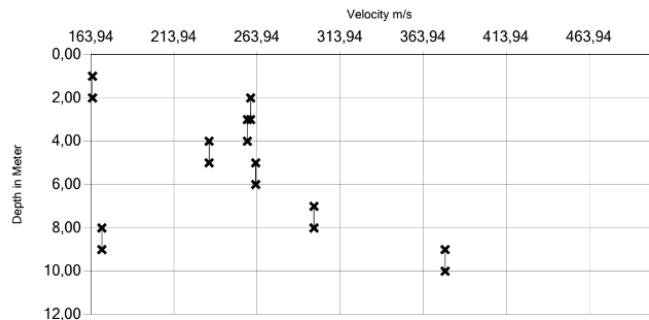
Datu precizitāte : dati tika fiksēti ar viena metra intervālu un precizitāti divi cipari aiz komata



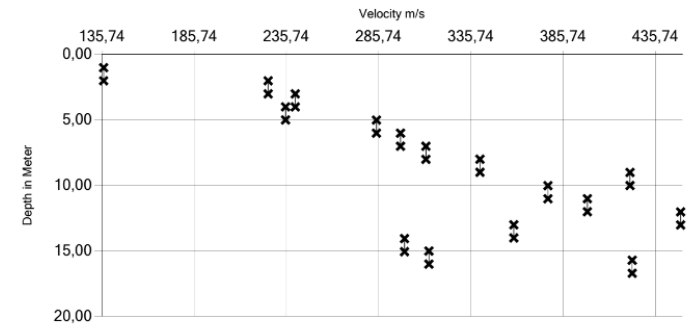
10. att. 1. punkta sCPTU iegūtais grafiks (SIA «Markvarta ģeotehniskais birojs»)



11. att. 2. punkta sCPTU iegūtais grafiks (SIA «Markvarta ģeotehniskais birojs»)

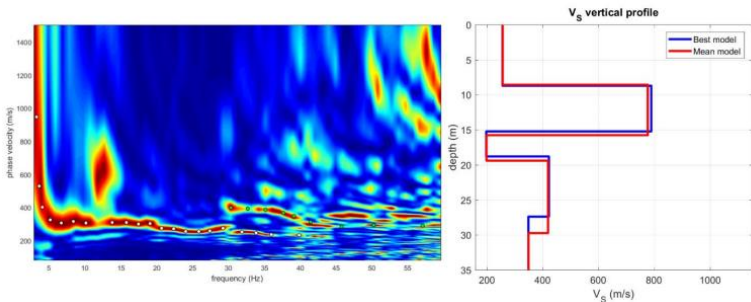


12. att. 3. punkta sCPTU iegūtais grafiks (SIA «Markvarta ģeotehniskais birojs»)

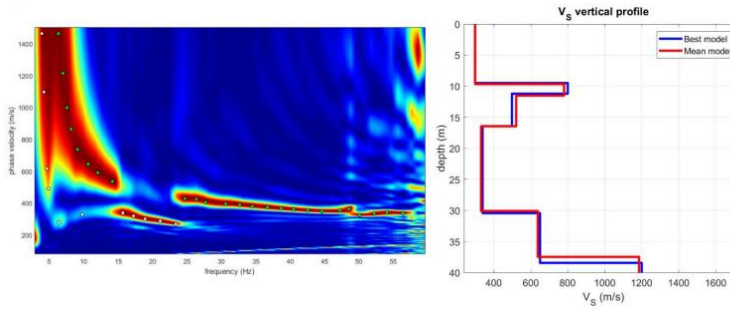


13. att. 4. punkta sCPTU iegūtais grafiks (SIA «Markvarta ģeotehniskais birojs»)

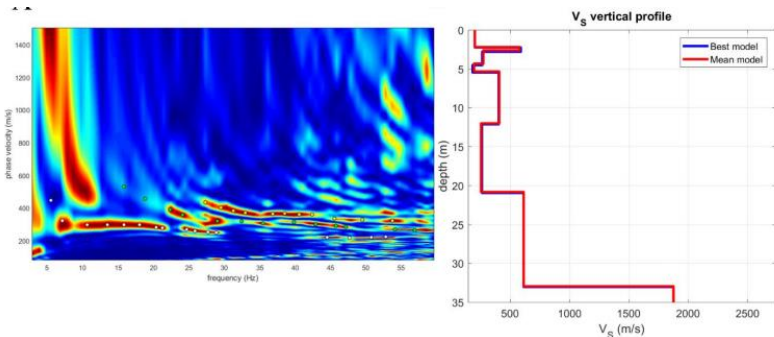
sCPTU un MASW metožu salīdzinājums



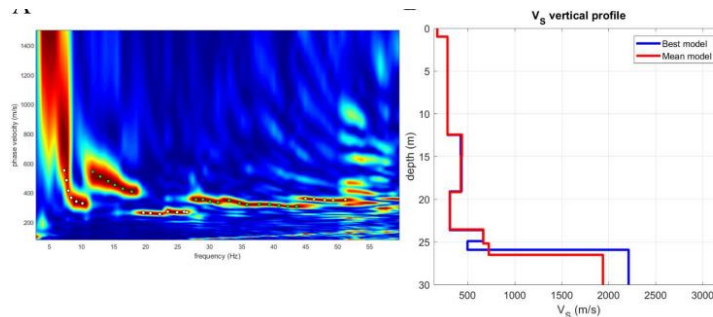
14. att. 1. punkta virsmas viļņu modas un inversijas rezultātā iegūtais modelis (Karušs, 2023)



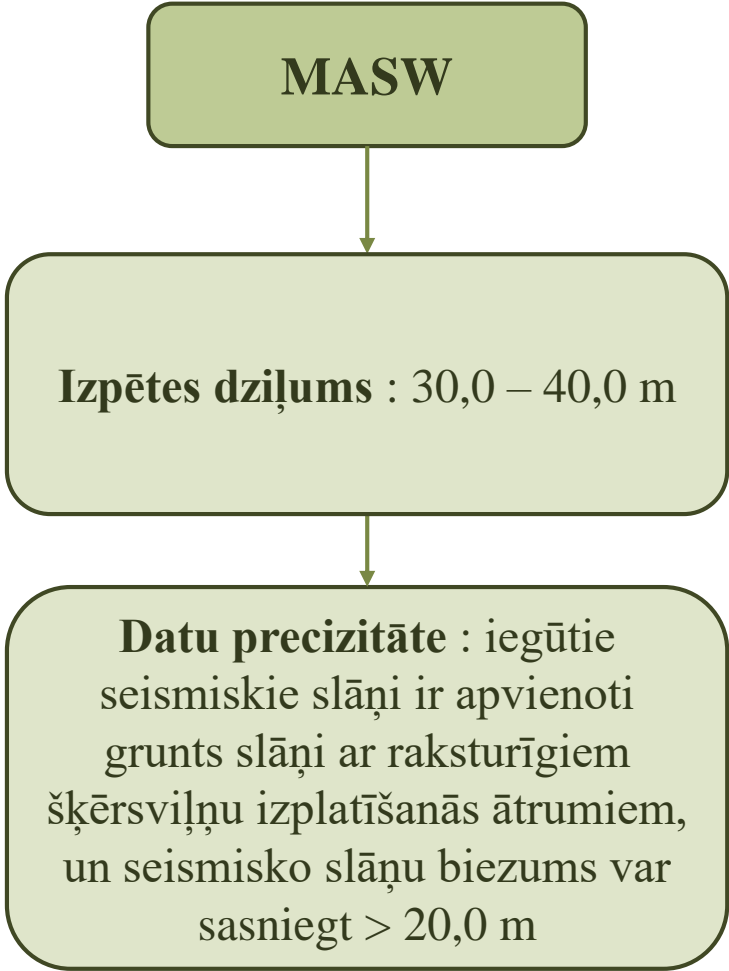
15. att. 2. punkta virsmas viļņu modas un inversijas rezultātā iegūtais modelis (Karušs, 2023)



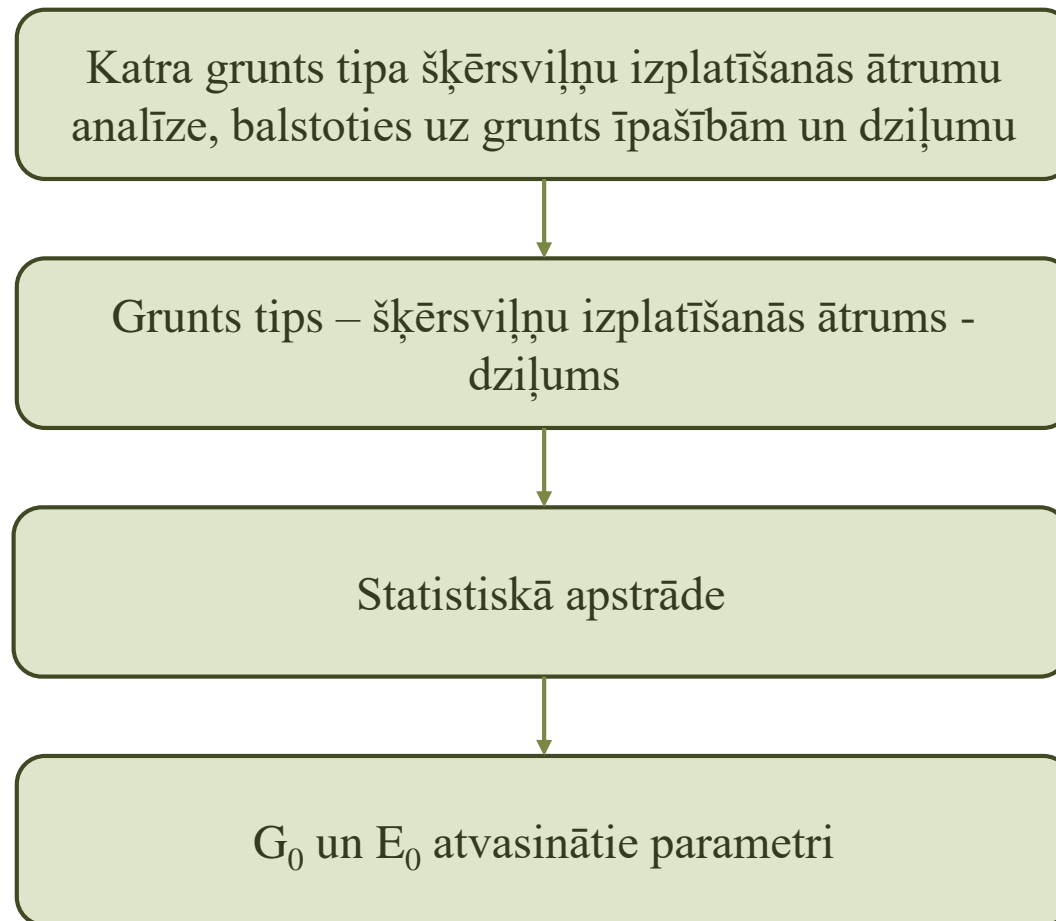
16. att. 3. punkta virsmas viļņu modas un inversijas rezultātā iegūtais modelis (Karušs, 2023)



17. att. 4. punkta virsmas viļņu modas un inversijas rezultātā iegūtais modelis (Karušs, 2023)



Rezultātu statistiskā apstrāde



Rezultātu statistiskā apstrāde

Standartnovirze

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{mean})^2}{n-1}}$$

Variācijas koeficients

$$V_x = \frac{S_x}{X_{mean}}$$

Vidējās vērtības noteikšana

$$X_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Raksturīgās vērtības noteikšana

$$X_k = X_{mean} \cdot [1 \pm k_n \cdot V_x]$$

$$X_k = e^{Y_{mean} \cdot [1 \pm k_n \cdot V_y]}$$

Variācijas koeficienta logaritmiskajām vērtībām noteikšana

$$V_Y = \frac{S_Y}{Y_{mean}}$$

Vidējās vērtības iegūtajām logaritmiskajām vērtībām noteikšana

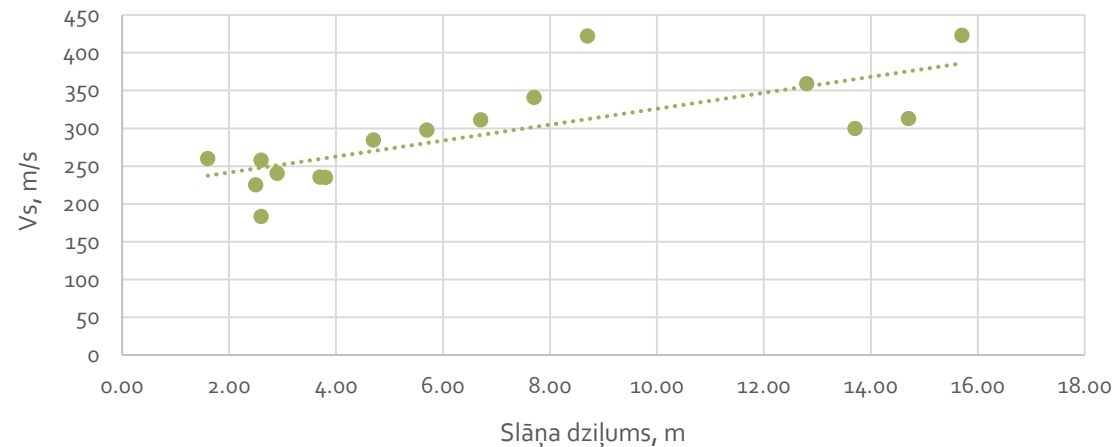
$$Y_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln X_i}{n}$$

k_n – koeficients, kas atkarīgs no n-skaita iegūto X-īpašības vērtību, kas izmantotas X_{mean} aprēķinā

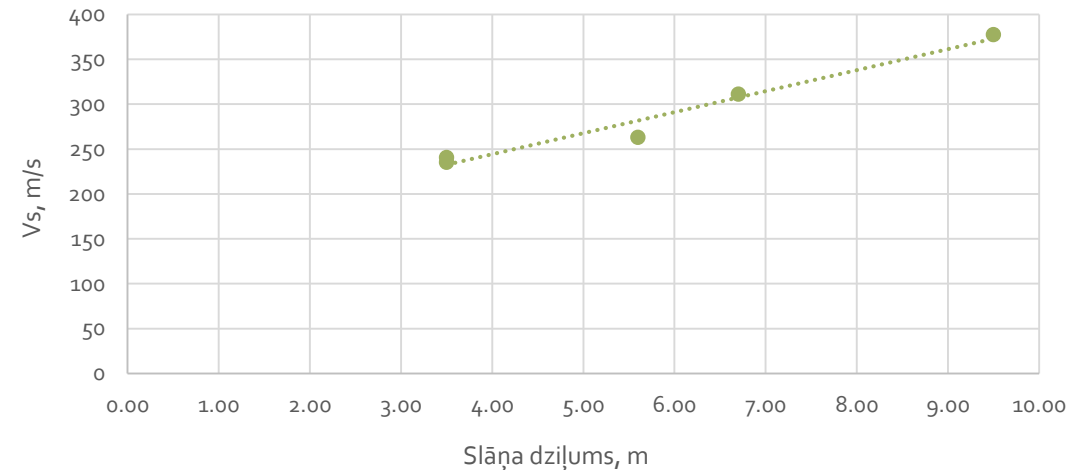
Rezultātu statistiskā apstrāde

Variācijas koeficients = 3,20 – 5,00 %

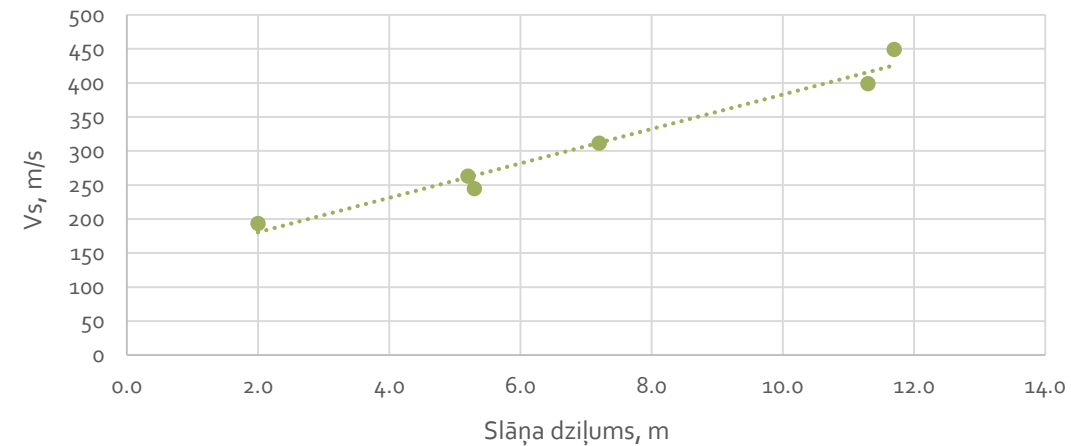
Ciets morēnas smilšmāls



Mīksti plastisks morēnas smilšmāls



Sīksti plastisks morēnas smilšmāls



Kopsavilkums

- Ar sCPTU metodi iespējams noteikt šķērsviļņu izplatīšanās ātrumus ar viena metra intervālu, taču metodes izmantošana bez priekšurbšanas jeb līderurbšanas ir atkarīga gan no grunts tipa, gan no iekārtas tehnisko iespēju robežas.
- MASW mērījumus ietekmē grunts slāņu īpašības aptuveni 50 m rādiusā ap izpētes punktu, un iegūtās šķērsviļņu izplatīšanās ātrumu vērtības ieteicams izmantot kā vidējotas vērtības tiešā izpētes punkta apkārtnē (Karušs, 2023).
- Lai izmantotu iegūtos rezultātus turpmākajos aprēķinos, jāveic statistiskā apstrāde reprezentatīvo jeb raksturīgo vērtību noteikšanai.
- Iegūtajiem šķērsviļņu izplatīšanās ātrumiem ar sCPTU metodi ir pietiekami zems variācijas koeficients, standartnovirze un datu izkliede kopumā, kā arī vienādiem grunts slāņiem, kas sastopami vairākos izpētes punktos, ir līdzīgas šķērsviļņu izplatīšanās ātruma vērtības – novērojumi liecina par augstu datu precizitātes līmeni.

Izmantotās literatūras saraksts

- **Publicētie avoti :**

- Holmsgaard, R., Ibsen, L. B., & Nielsen, B. N. 2016. *Interpretation of Seismic Cone Penetration Testing in Silty Soil*. Aalborg, Aalborg University.
- Krievāns, M. 2023. *Grunts dinamiskās īpašības un to noteikšanas iespējas*. Latvijas Būvinženieru savienības izdevums «Būvinženieris» Nr. 94 2023. gada oktobris
- Sheikh, S. A., Bipul, H., Kshama, R. 2015. Finite Element Modeling of Large Diameter Monopiles in Dense Sand for Offshore Wind Turbine Foundations
- Eurocode 7 : Geotechnical design – Part 1 : General rules. Annex B. (Draft version October 2019)

- **Nepublicētie avoti :**

- Karušs, J. 2023. *Seismiskā izpēte (MASW) plānotajā vēja parkā Pienavas apkārtnē*

- **Kartogrāfiskais materiāls :**

- Topokarte M 1:10 000, LĢIA, LU karšu serviss
- Kwartāra nogulumu karte, LVM GEO karšu serviss

- **Interneta resursi :**

- Gregg Drilling (<https://www.greggdrilling.com/>)
- Park Seismic LLC. (2017). MASW (<http://www.masw.com/>)
- GeoStru (<https://www.geostru.eu/>)

PALDIES PAR UZMANĪBU!
