

Kūdra un sapropelis - ražošanas, zinātnes un vides sinerģija resursu efektīvas izmantošanas kontekstā

# ĢEORADARA PIELIETOŠANAS IESPĒJAS PURVU IZPĒTĒ

Jānis KARUŠS

e-pasts: [janis.karuss@lu.lv](mailto:janis.karuss@lu.lv)







# Saistītie normatīvie akti



# NORMATĪVIE AKTI

## **Ministru kabineta noteikumi Nr.570**

Rīgā 2012.gada 21.augustā (prot. Nr.48 12.§)

### **Derīgo izrakteņu ieguves kārtība**

#### **Prasības derīgo izrakteņu atradņu izpētei derīgo izrakteņu A kategorijas Krājumiem**

#### **III. Prasības kūdras un dziedniecisko dūņu izpētei**

19. Līdz 300 ha lielām atradnēm ar ieapaļu formu zondēšanas tīkls ir 100 x 100 m, bet iegarenas vai izstieptas formas (garums trīs reizes pārsniedz platumu) tīkls ir 200 x 50 m. Atradnēm, kas lielākas par 300 ha, zondēšanas tīkls ir 200 x 100 m. Zondēšanu veic ar kūdras zondi. Var izmantot ģeofizikālās metodes, to rezultātus kontrolē, zondējot 15% apjomā no kopējā zondēšanas punktu skaita. Precizitāte + 0,1 m.

#### **IV. Prasības sapropela izpētei**

29. Pētāmajā teritorijā nospraustai maģistrālei perpendikulāri izvieto profilus ik pēc 100 m. Uz katra profila ik pēc 100m ir pikets – zondējuma punkts. Ieteicamais zondējumu tīkls ir 100 x 100 m. Atkarībā no pētāmās teritorijas platības, formas un agrāk veikto meklēšanas darbu datiem zondējumu tīkls var mainīties. Var izmantot ģeofizikālās metodes, to rezultātus kontrolē ar rokas zondēšanu 15 % apjomā no kopējā zondēšanas punktu skaita. Precizitāte + 0,1 m.

# NORMATĪVIE AKTI

## **Derīgo izrakteņu (izņemot pazemes ūdeņus) krājumu kategorijas atbilstoši izpētes detalitātei**

2. **N kategorijas** derīgo izrakteņu krājumi atbilst šādām prasībām:

2.1. derīgo izrakteņu krājumu robežas noteiktas, pamatojoties uz neregulārā tīklā izvietotām ģeoloģiskās izpētes izstrādnēm (attālums starp izstrādnēm nepārsniedz 200–300 m), kā arī izmantojot citus ģeoloģiskos un **ģeofizikālos datus**, kas sniedz minētajai informācijai pielīdzināmu informāciju;

2.2. derīgā izrakteņa iegulas izmēri, forma un uzbūve novērtēta, pamatojoties uz ģeoloģiskajiem un **ģeofizikālajiem datiem** tādā apjomā, kas nodrošina ieguves projekta izstrādi;

3. **P kategorijas** jeb prognozētie pazemes ūdeņu resursi atbilst šādām prasībām:

3.1. ūdens horizonta raksturojums sniegts, pamatojoties uz teritorijas vispārējām hidroģeoloģiskajām likumsakarībām un teorētiskiem pieņēmumiem, kā arī uz atsevišķu attiecīgās teritorijas robežās veiktu hidroģeoloģiskās, **ģeofizikālās** un hidroķīmiskās izpētes darbu rezultātiem;

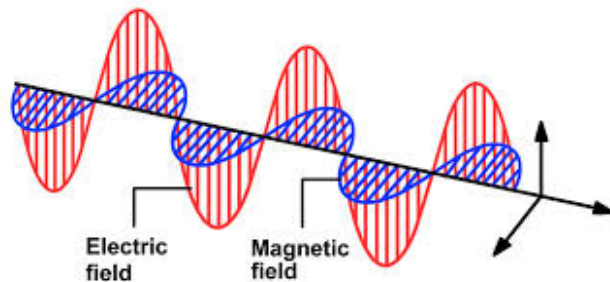


# RADARS

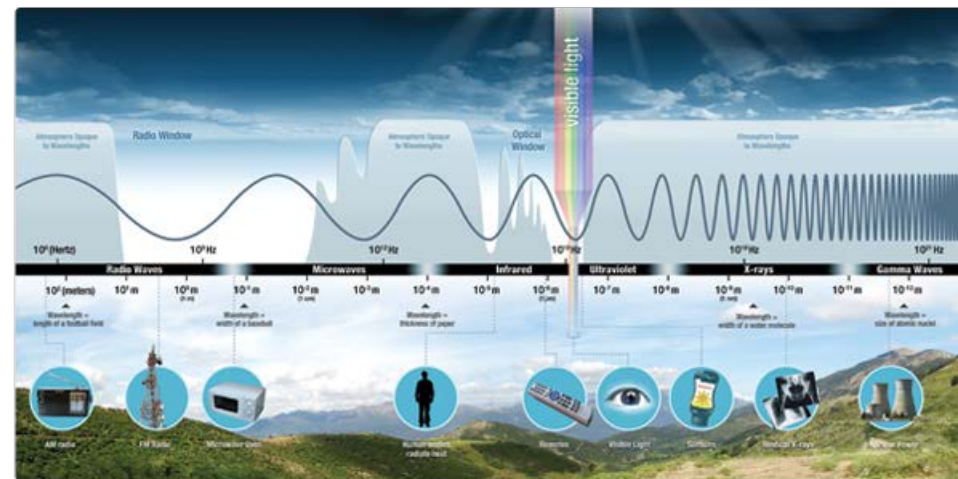
Par radiolokācijas pirmsākumiem uzskatāmi H. Herca eksperimenti 19. gadsimtā, ar kuru palīdzību viņš nodemonstrēja, ka metāliski objekti atstaro radioviļņus.

Vācu izgudrotājs K. Hulsmaijers bija pirmais, kurš uzbūvēja iekārtu ar kuru bija iespējams noteikt kuģu atrašanās vietu jūrā. Viņa iekārta tika izmantota, lai novērstu kuģu saskriešanos biezā miglā.

Mūsdienās radiolokācijas metode tiek plaši pielietota militārajām un civilajām vajadzībām gan aviācijā gan organizējot kuģu pārvietošanos, gan zemes un kosmosa izpētē.

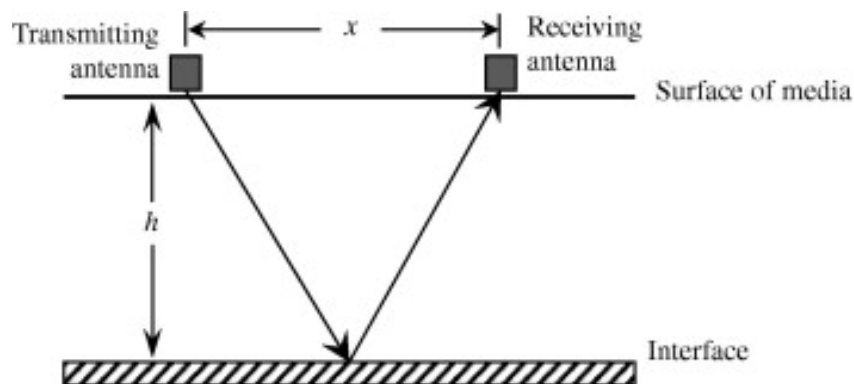


**Radaru antenu piemēri.**



# ĢEORADARA DARBĪBAS PRINCIPI

Radiolokācijas signāla izplatīšanos nogulumos var vienkāršoti aprakstīt, izmantojot ģeometriskās optikas likumus.



**Ģeoradara signāla izplatīšanās trajektorija.**

Pētījuma mērķis nosaka antenas izvēli.

Izmantoto antenu frekvence variē intervālā no 38 MHz līdz 2 GHz.

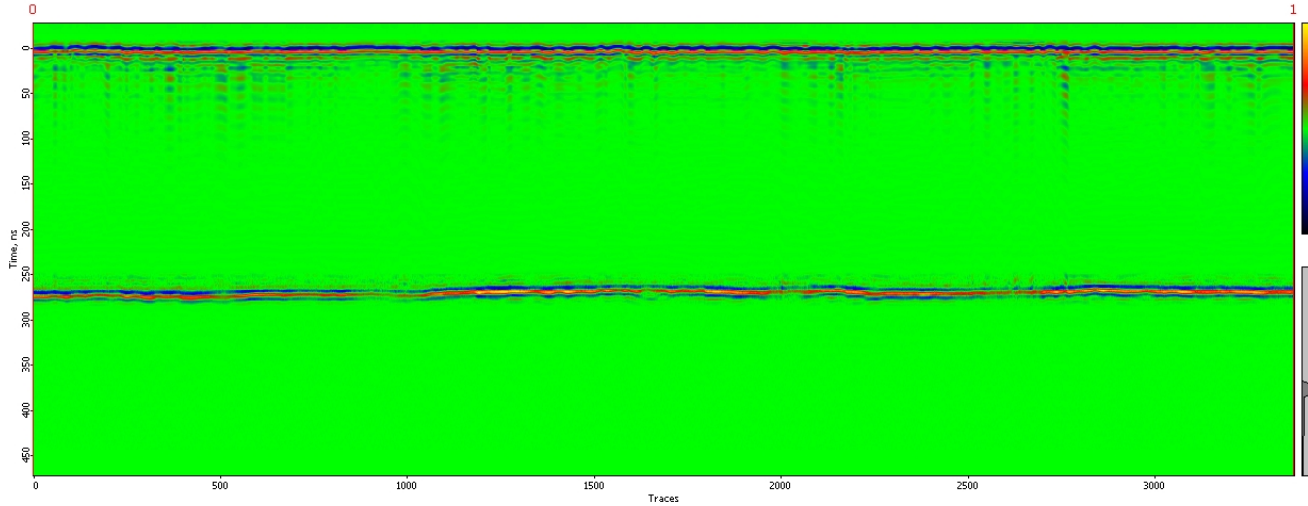
Vienkāršoti var pieņemt, ka, izmantojot zemākas frekvences, var sasniegt lielākus dziļumus, savukārt ar augstāku frekvenci iegūt augstāku izšķirtspēju.



**Pētījumos iespējams izmantot dažādas antenas**



# GEORADARA DARBĪBAS PRINCIPI



## Radiolokācijas profilēšanas laikā iegūtais ieraksts.

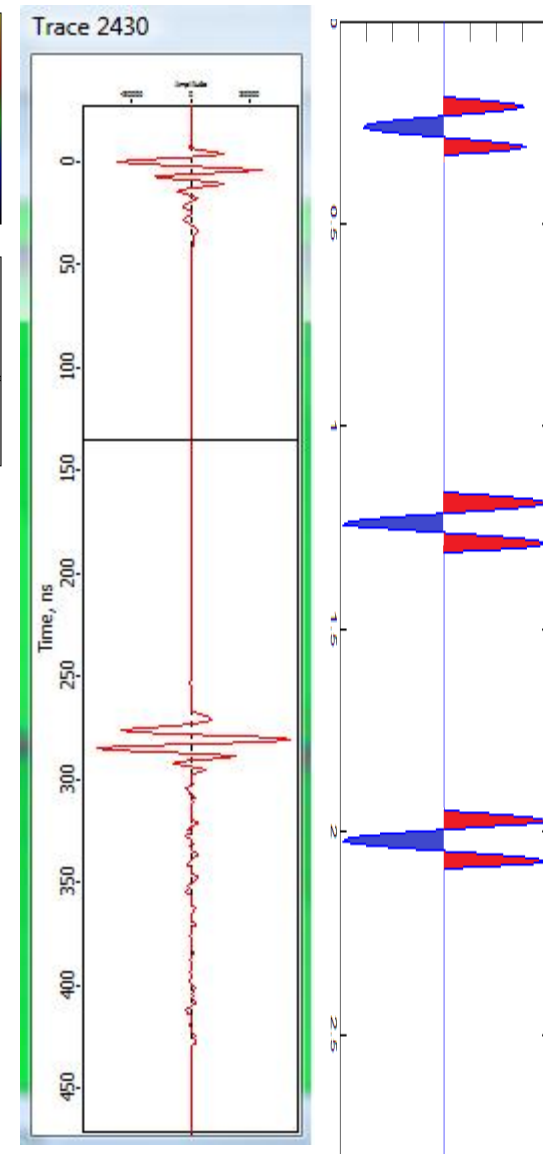
Veicot radiolokācijas profilēšanu, tiek mērīts laiks pēc kura tiek saņemti atstarojumi.

Interesējošās robežas dziļumu var noteikt, izmantojot vienkāršus aprēķinus:

$$S = v \cdot t$$

Signāla izplatīšanās ātrumu var noteikt, izmantojot ierīkoto urbumu datus.

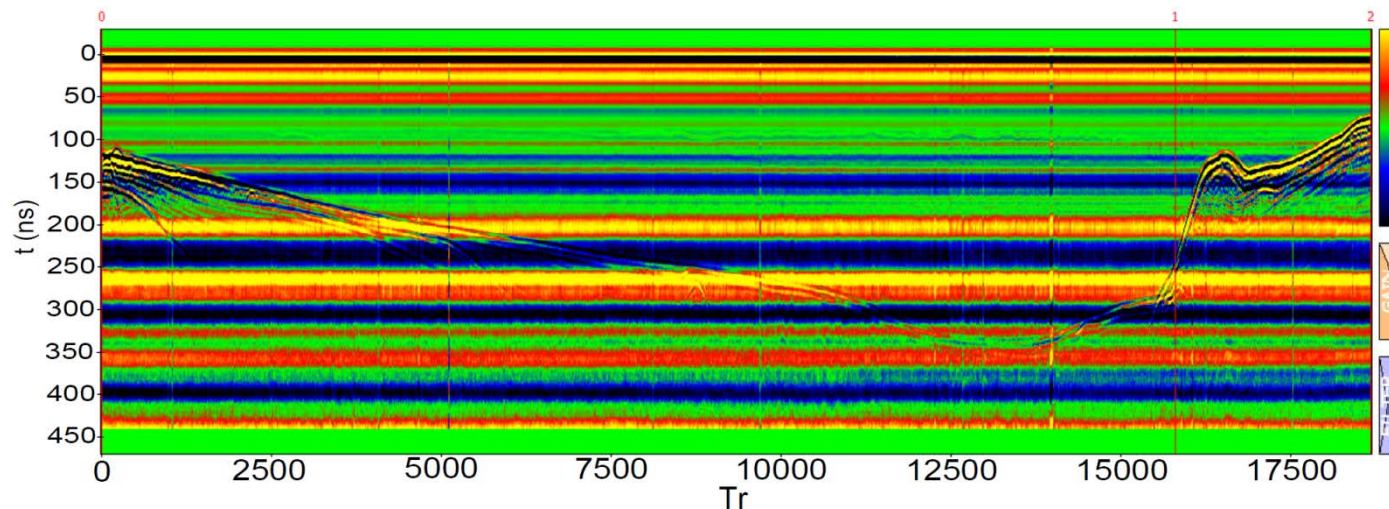
Izmantotā iekārta veic 81 zondējumu sekundē (pārvietojoties ar ātrumu 3 km/h, zondējums tiek veikts ik pa 1 cm).



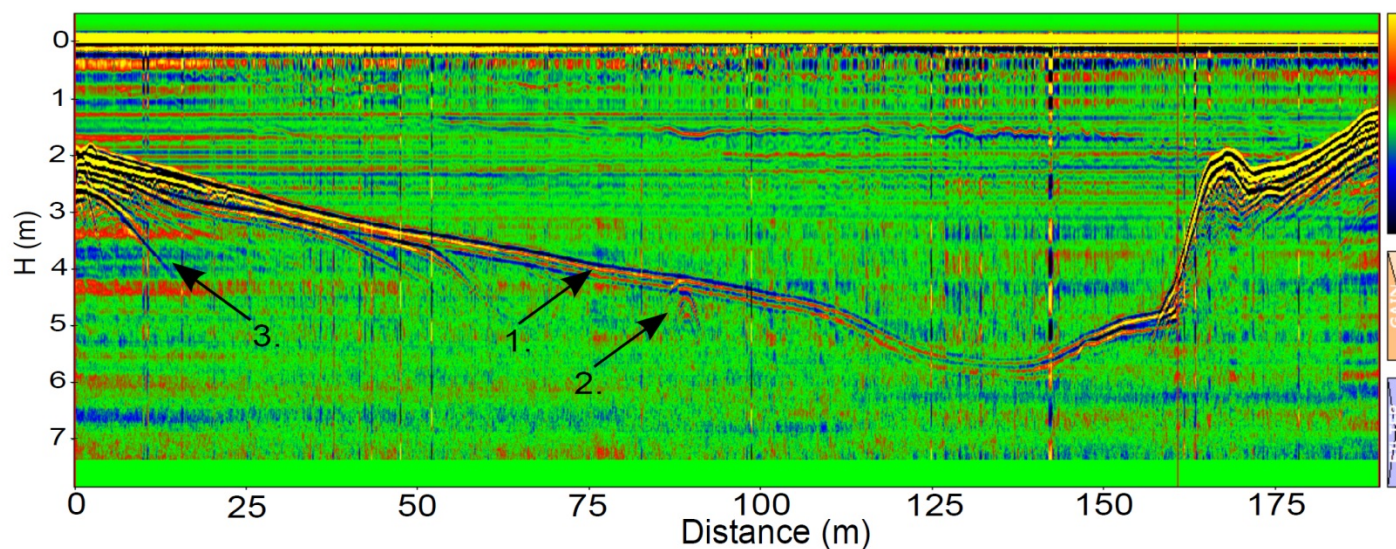
Iegūtais zondējums

# ĢEORADARA DARBĪBAS PRINCIPI

Pirms iegūto datu interpretācijas, sākotnēji iegūtos profilus ir jāpastrādā speciālās datu apstrādes programmās.



**Neapstrādāta radarogramma.**



**Radarogramma kam veikta apstrāde.**



# KĀPĒC ĢEORADARA SIGNĀLS ATSTAROJAS?

Freneļa koeficienti.

$$r = \frac{\dot{N}_1 - \dot{N}_2}{\dot{N}_1 + \dot{N}_2} = \frac{n_1 - n_2 + i(\kappa_1 - \kappa_2)}{n_1 + n_2 + i(\kappa_1 + \kappa_2)}$$

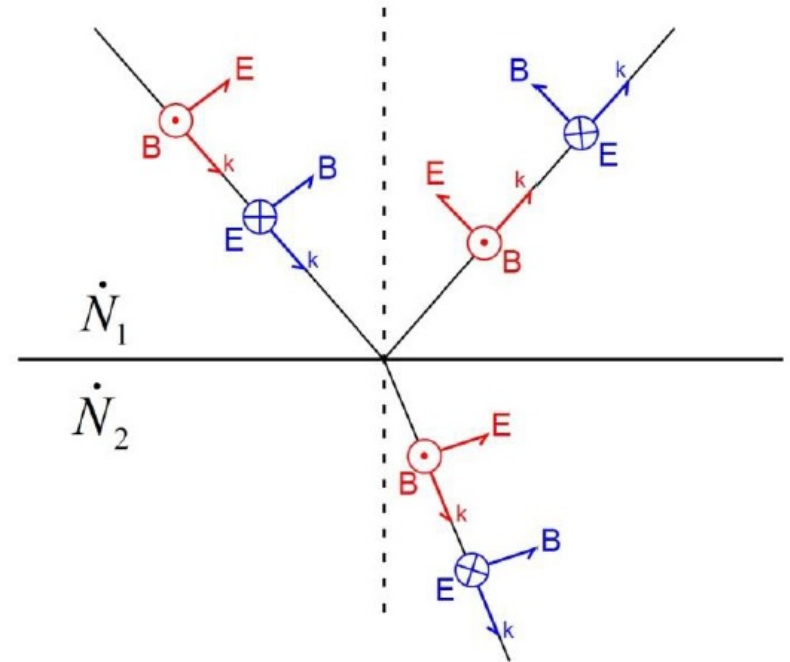
Gaismas laušanas koeficients ir komplekss.

$$n = \sqrt{\frac{\left(\varepsilon' - \frac{\sigma''}{\omega\varepsilon_0}\right) + \sqrt{\left(\varepsilon' - \frac{\sigma''}{\omega\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\varepsilon'' + \frac{\sigma'}{\omega\varepsilon_0}\right)^2}}{2}}$$

$$\kappa = \sqrt{\frac{-\left(\varepsilon' - \frac{\sigma''}{\omega\varepsilon_0}\right) + \sqrt{\left(\varepsilon' - \frac{\sigma''}{\omega\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\varepsilon'' + \frac{\sigma'}{\omega\varepsilon_0}\right)^2}}{2}}$$

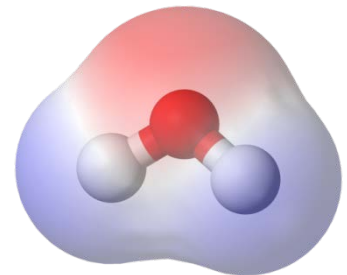
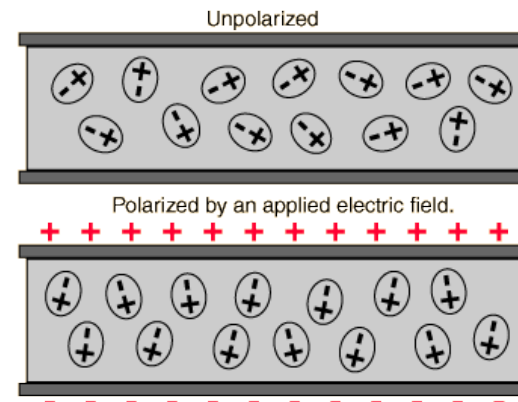
Gaismas izplatīšanās ātrums gruntī.

$$v = \frac{c}{n}$$



Ģeoradara signāla atstarošana.

Dielektriska polarizācija.



# DZIĻUMS NO KURA SAŅEMTS ATSTAROJUMS

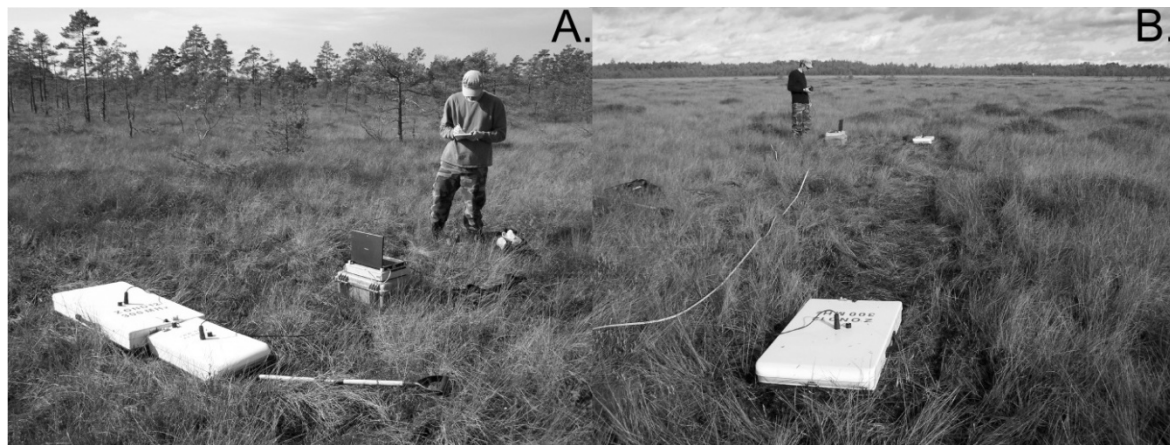
## Dziļuma, no kura saņemts atstarojums, noteikšana.

Lai būtu iespējams aprēķināt dziļumu, no kura saņemti ģeoradara signāla atstarojumi ar augstu precizitāti, ģeoradara signāla izplatīšanās ātruma mērījumi jāveic, izmantojot CMP.

$$S = v \cdot \frac{t}{2}$$

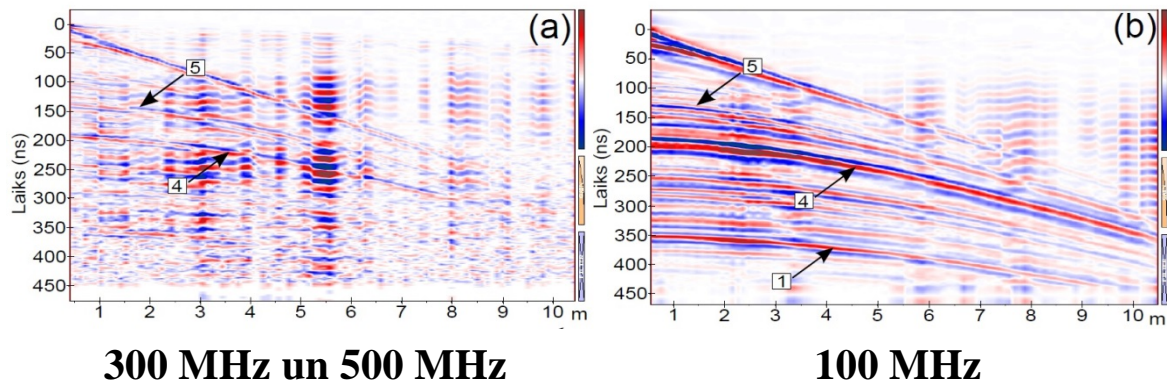
CMP purvos visefektīvāk realizēt, izmantojot 300 MHz antenu sistēmu kā raidītāju, bet 500 MHz antenu sistēmu kā uztvērēju.

Antenas jāattālina vidēji līdz 10 m attālumam.



**Antenu novietojums CMP mērījumu veikšanas sākumā (A) un antenu novietojums CMP mērījumu veikšanas beigās (B)**

$$v = \sqrt{\frac{\Delta x_2^2 - \Delta x_1^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$





# Pētījumi purvos



# ĀRVALSTĪS PAVEIKTAIS

## INVESTIGATING PEATLAND STRATIGRAPHY AND HYDROGEOLOGY USING INTEGRATED ELECTRICAL GEOPHYSICS (Slater & Reeve, 2002)

Attēlā parādīts radiolokācijas profilu un urbumu izvietojums purvā.

Lielākajā daļā purvu pētījumu, izmantojot ģeoradaru, kur tiek identificēta purva minerālā grunts, arī tiek identificēti dažādi kūdras slāņi.

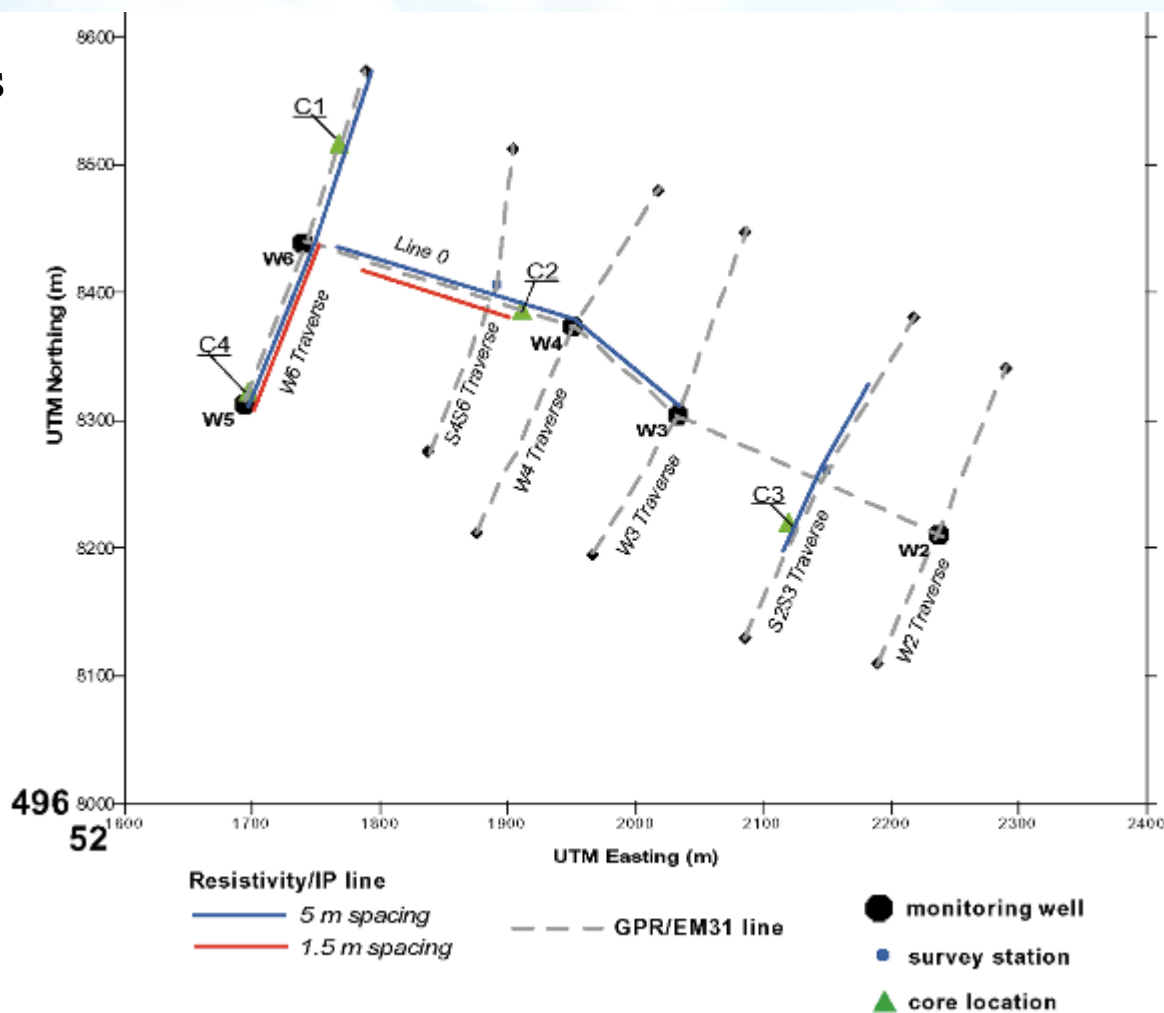


FIG. 2. Location of geophysical survey lines. Peat core and monitoring well positions are also shown.



# ĀRVALSTĪS PAVEIKTAIS

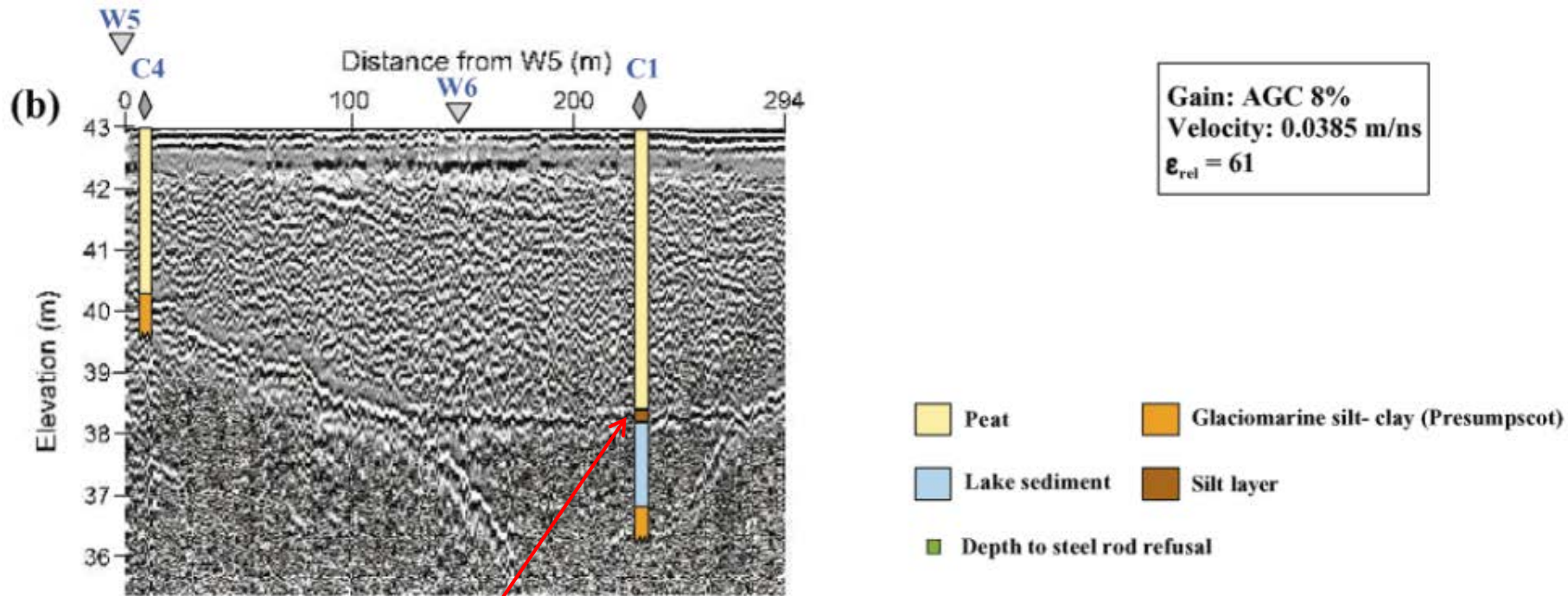
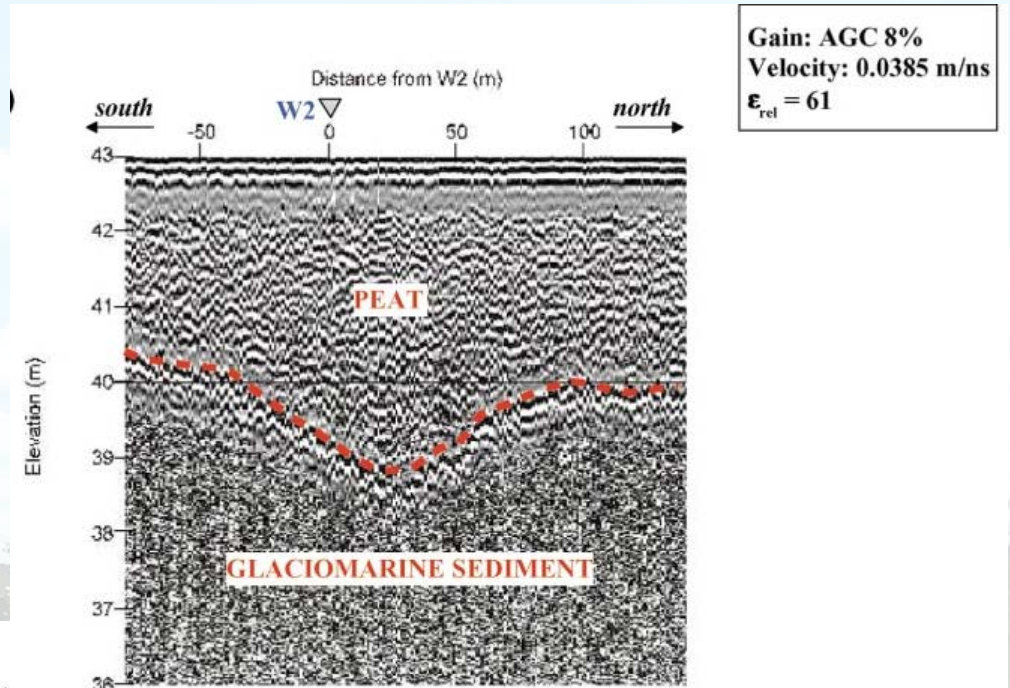


FIG. 4. Radar images correlated with peat cores and depth to refusal from penetration tests: (a) line 0, (b) W6 traverse. Refer to Figure 2 for survey line locations.

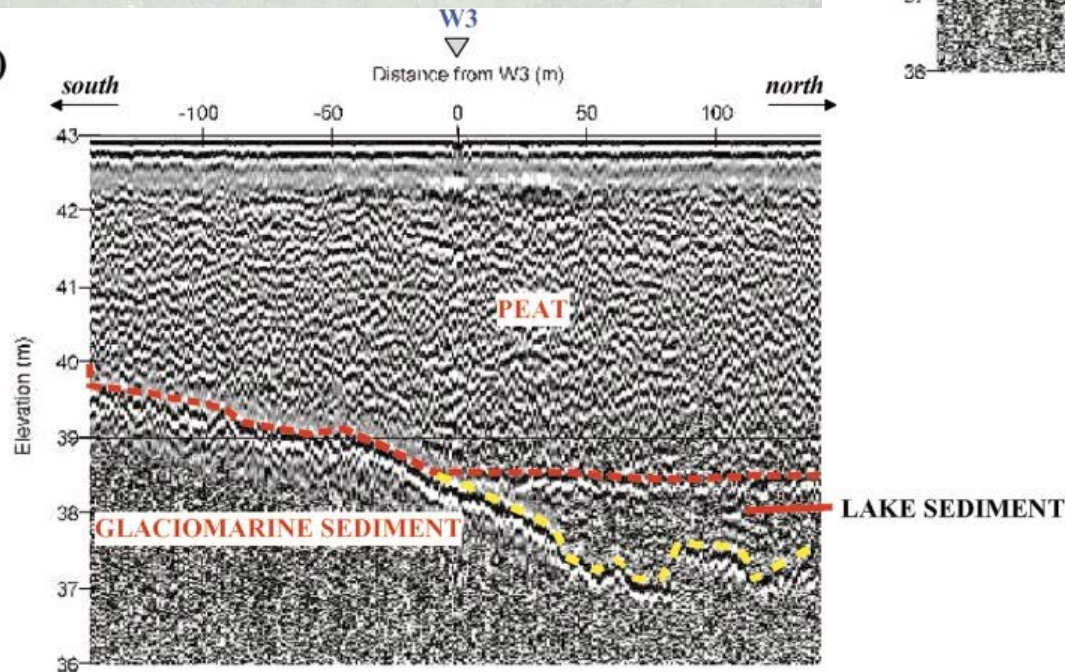
Šajā pētījumā nav veikti tieši ģeoradara signāla izplatīšanās ātruma mērījumi purva nogulumos, toties iegūtajās radarogrammās identificētie informatīvie signāli tika tieši sasaistīti ar urbumu datiem.

# ĀRVALSTĪS PAVEIKTAIS

Izmantojot ģeoradaru tika iegūta detāla informācija par purva minerālās grunts topogrāfiju un ezera/purva nogulumu robežu kūdrā.

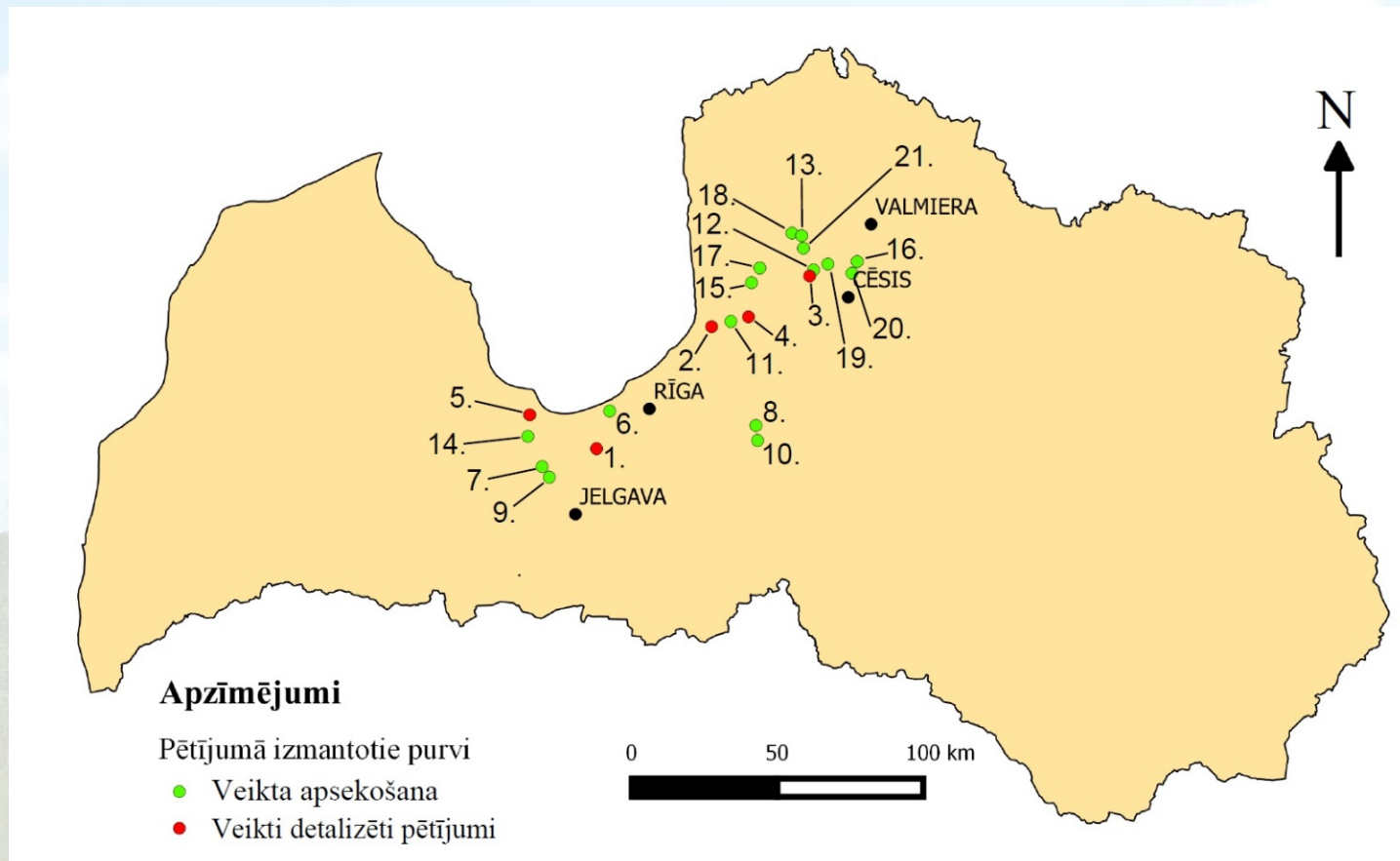


(a)





# PĒTĪJUMĀ IEKĻAUTIE PURVI

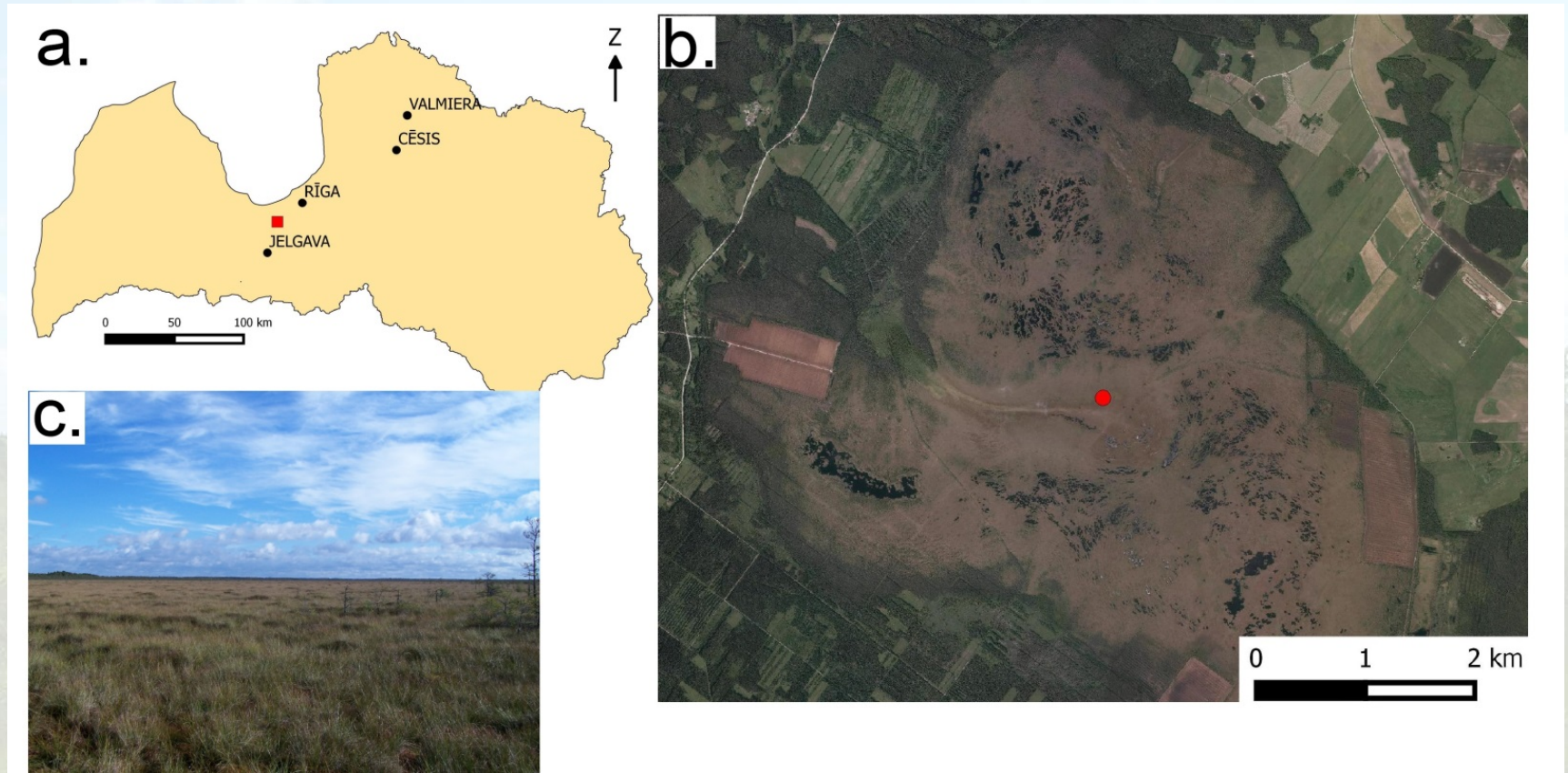


## Pētījuma gaitā apsekoto purvu novietojums

Pētījumu gaitā tika apsekots 21 purvs. No kuriem piecos purvos tika identificētas piemērotas vietas detalizētu pētījumu veikšanai.

**Cenas tīrelis, Dzelves purvs, Makinu purvs, Laugas purvs un Raganas purvs.**

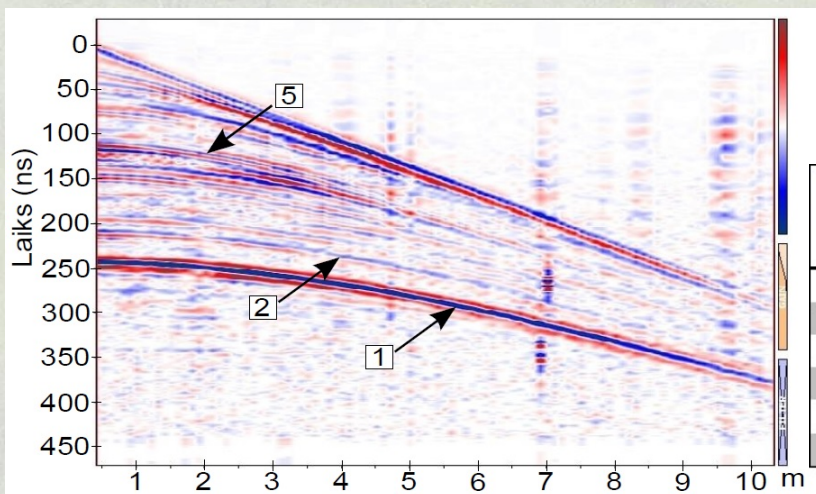
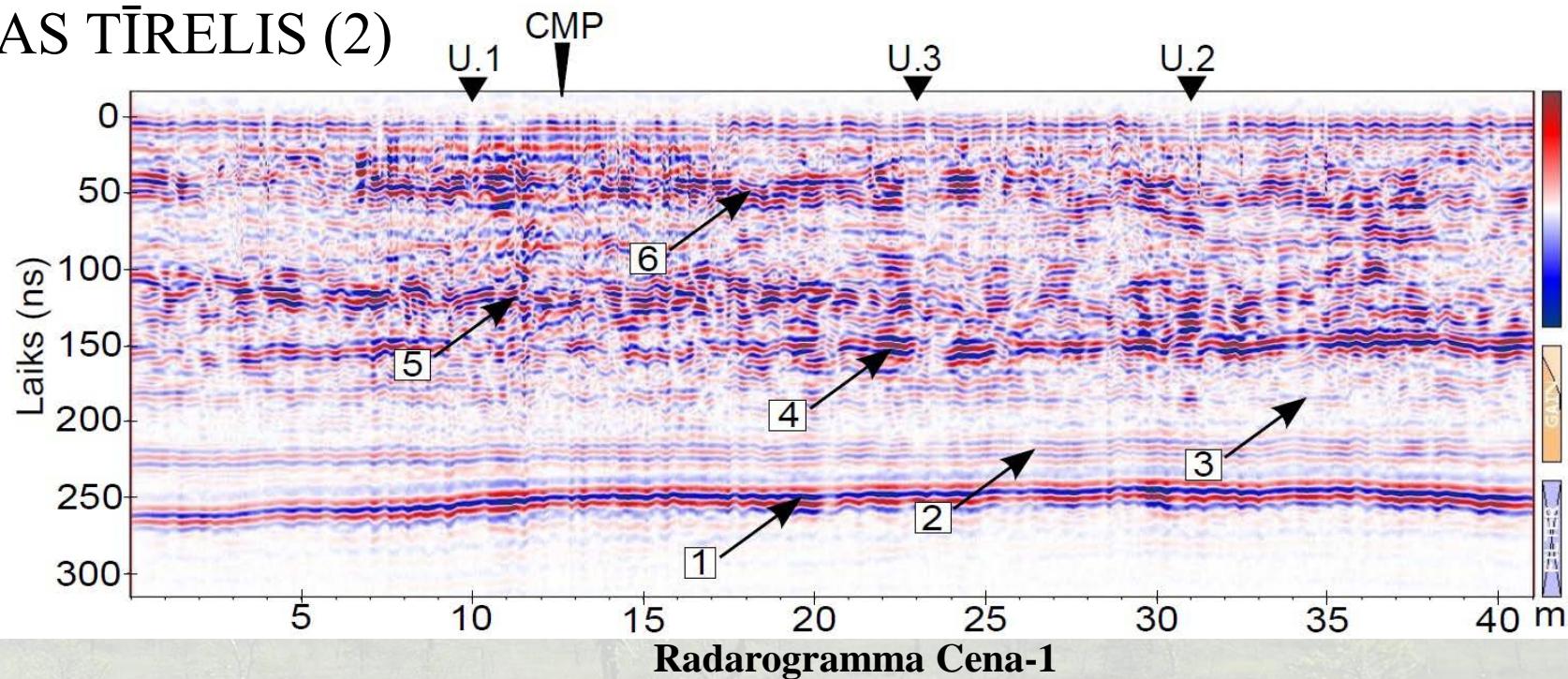
# CENAS TĪRELIS (1)



**Cenas tīreļa novietojums (a), pētījumu teritorijas novietojums Cenas tīrelī (b) un pētījumu teritorija (2012. gada augusts) (c)**



# CENAS TĪRELIS (2)

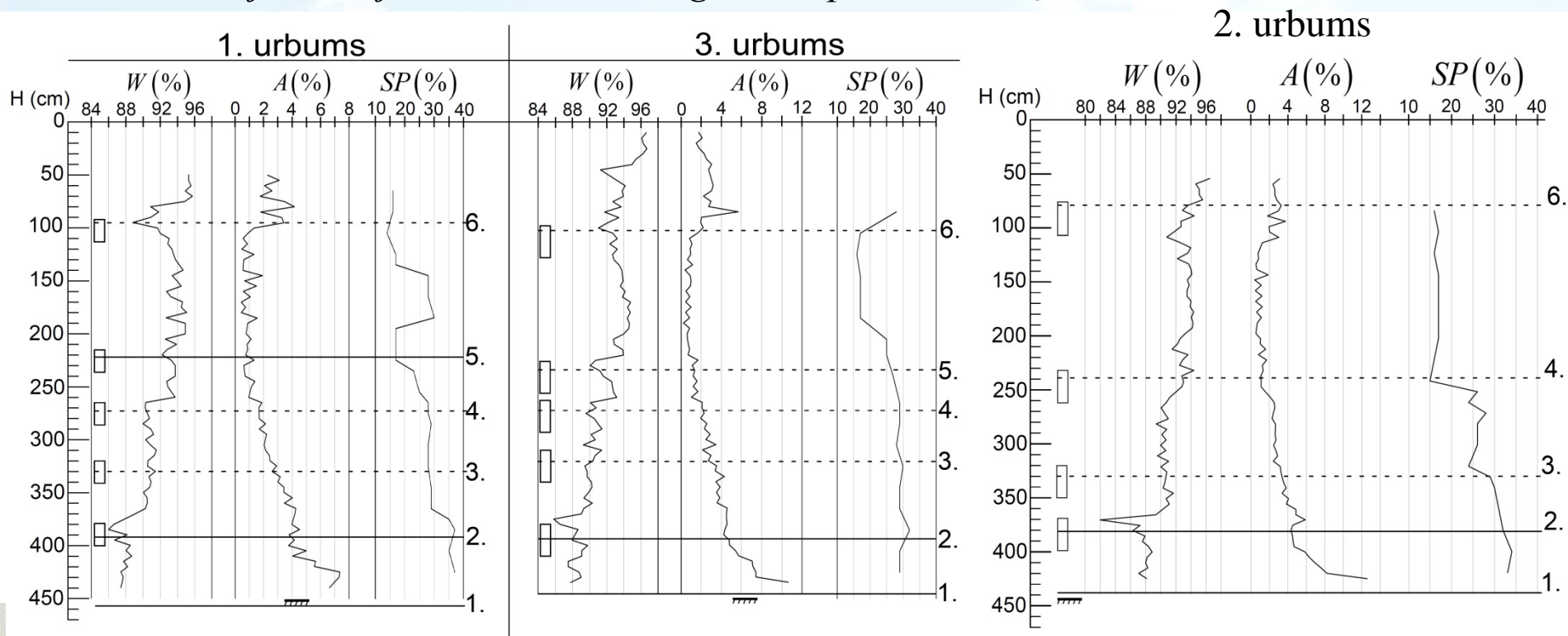


**Ar radarogrammā Cena-1 identificētajiem atstarojumiem veikto aprēķinu rezultāti**

Atstarojuma numurs pēc attēla 5.1.	Ģeoradara signāla izplatīšanās ātrums ( $\text{m s}^{-1}$ )	Atbilstošā $\epsilon$	Atstarotājpvirsmas dziļums no zemes virsmas (m)		
			1. urbums	3. urbums	2. urbums
1.	35061375	73,11	4,57	4,45	4,38
2.	34205263	76,82	3,92	3,93	3,81
3.	-	-	3,30***	3,20***	3,30***
4.	-	-	2,74***	2,72***	2,39**
5.	34102786	77,28	2,22	2,34*	-
6.	-	-	0,95***	1,02***	0,79***

# CENAS TĪRELIS (3)

*Radiolokācijas mērījumu sasaiste ar nogulumu īpašību izmaiņām.*

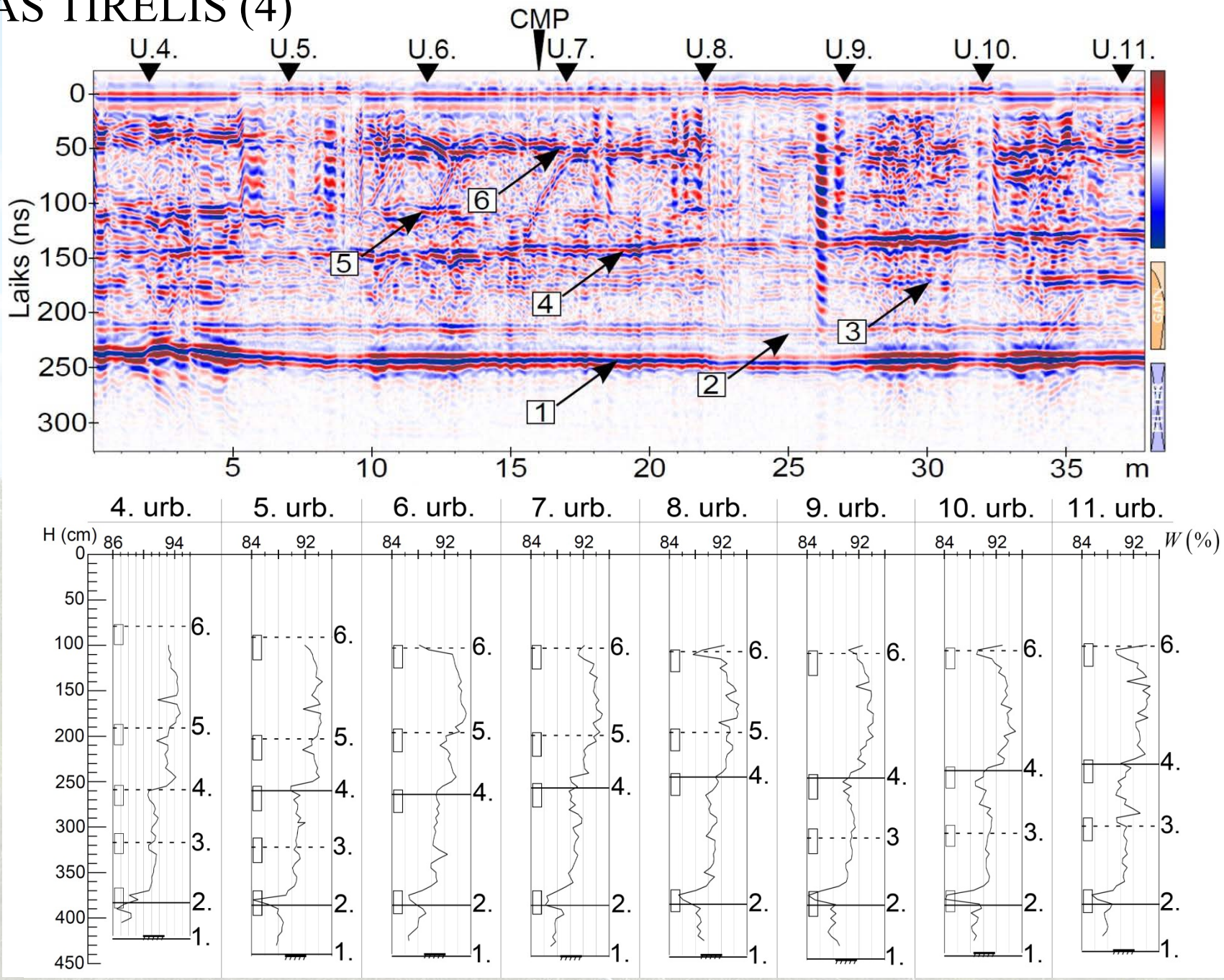


**Kūdras īpašību izmaiņas Cenas tīreļa ģeoloģiskajā griezumā**

- 1. atstarojums tika saistīts ar purva gultni.
- 2. atstarojums tika sasaistīts ar mitruma daudzuma izmaiņām.
- 3. atstarojumu nav iespējams skaidrot ar izmaiņām noteiktajās kūdras īpašībās.
- 4. atstarojums tika sasaistīts ar kūdras mitruma daudzuma izmaiņām Cenas tīreļa ģeoloģiskajā griezumā.
- 5. un 6. atstarojums iespējams ir saistāmi ar mitruma daudzuma izmaiņām.

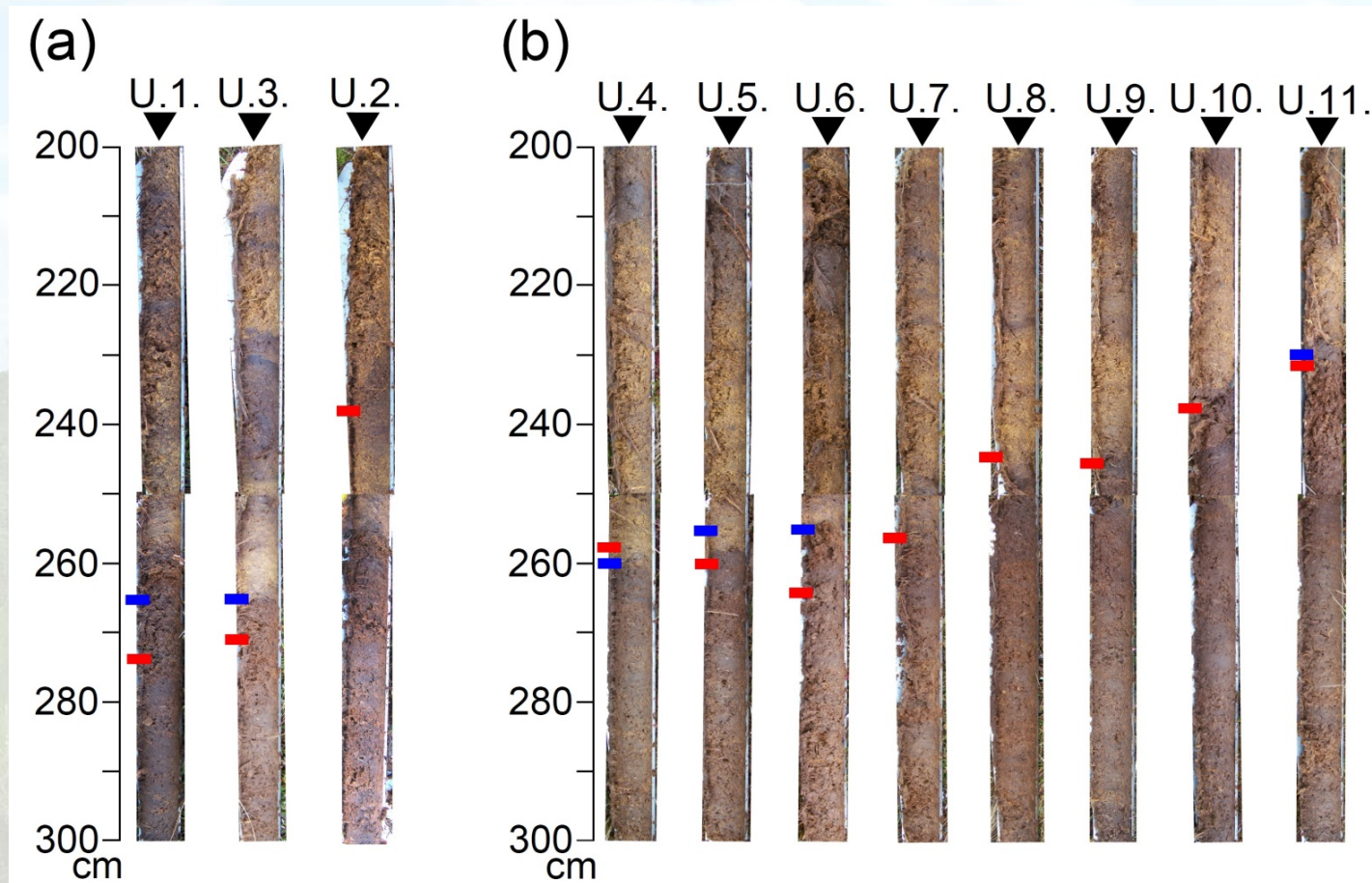


# CENAS TĪRELIS (4)



## CENAS TĪRELIS (5)

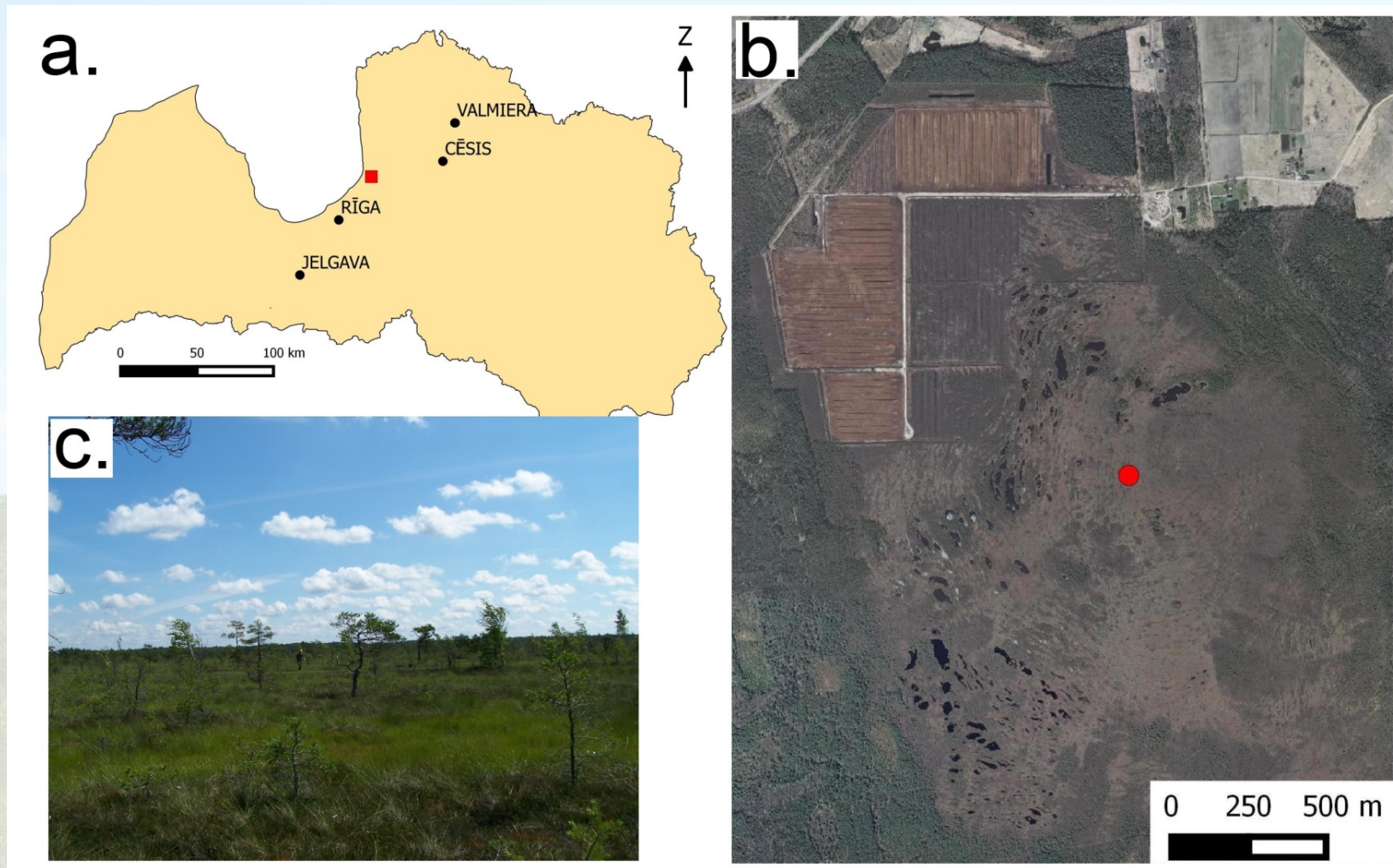
Atzīmējams, ka dziļumā, no kura ir saņemts 4. atstarojums, ir vērojamas ne tikai mitruma daudzuma izmaiņas, bet arī robeža starp gaišu, mazsadalījušos kūdru un tumšu, labi sadalījušos kūdru. (sadalīšanās pakāpes atšķirības ir aptuveni 10%)



**Pētītais kūdras nogulumu griezumums. a) Radiolokācijas profila Cena-1 verifikācijai izveidoto urbumu kūdras seržu fotogrāfijas. b) Radiolokācijas profila Cena-u verifikācijai izveidoto urbumu kūdras seržu fotogrāfijas**



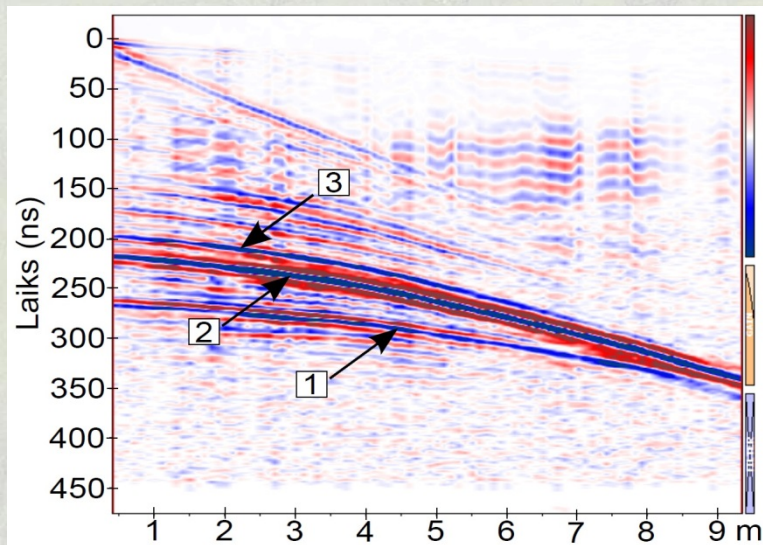
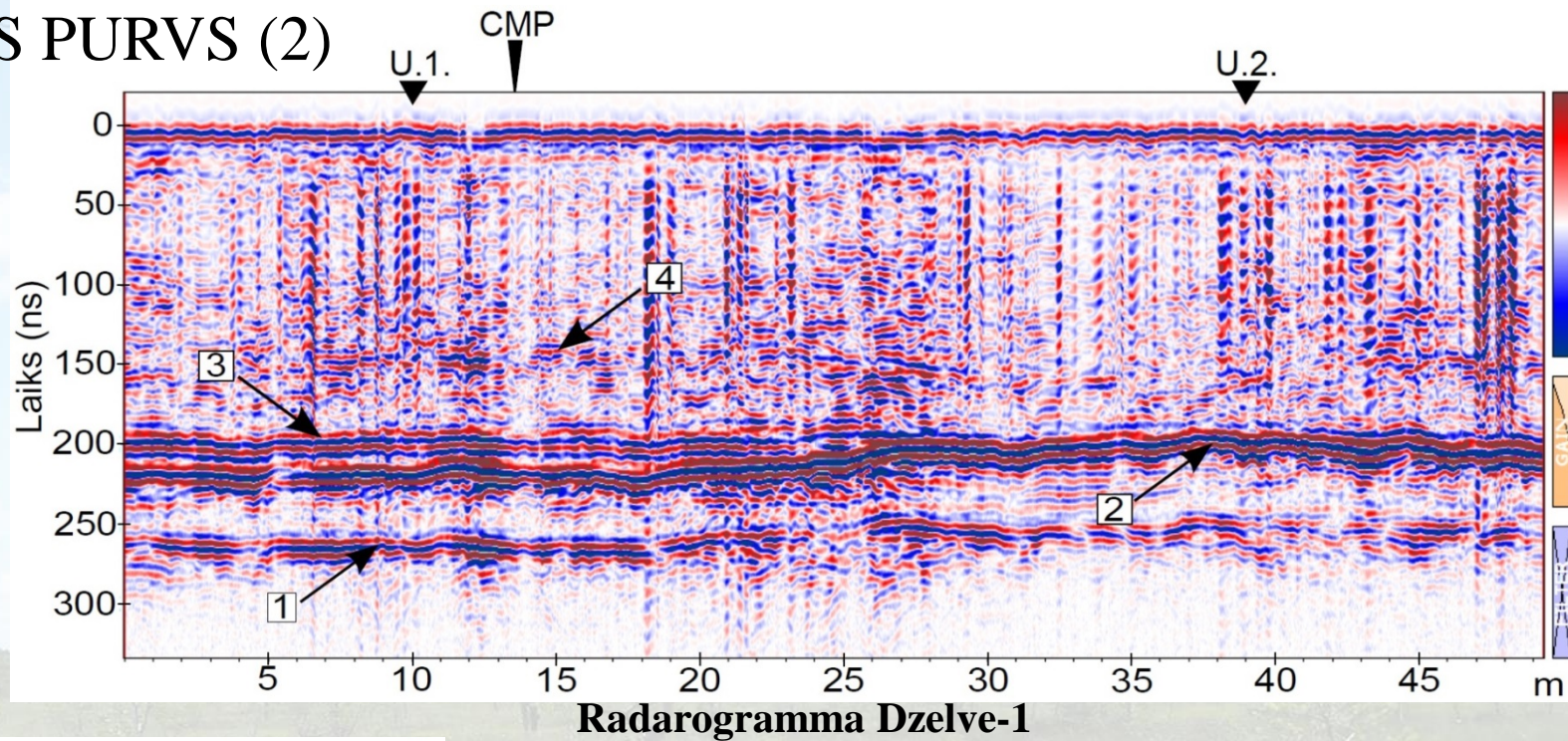
# DZELVES PURVS (1)



**Dzelves purva novietojums (a), pētījumu teritorijas novietojums Dzelves purvā (b) un pētījumu teritorija (D. Pipiras foto, 2013. gada jūlijs) (c)**



# DZELVES PURVS (2)



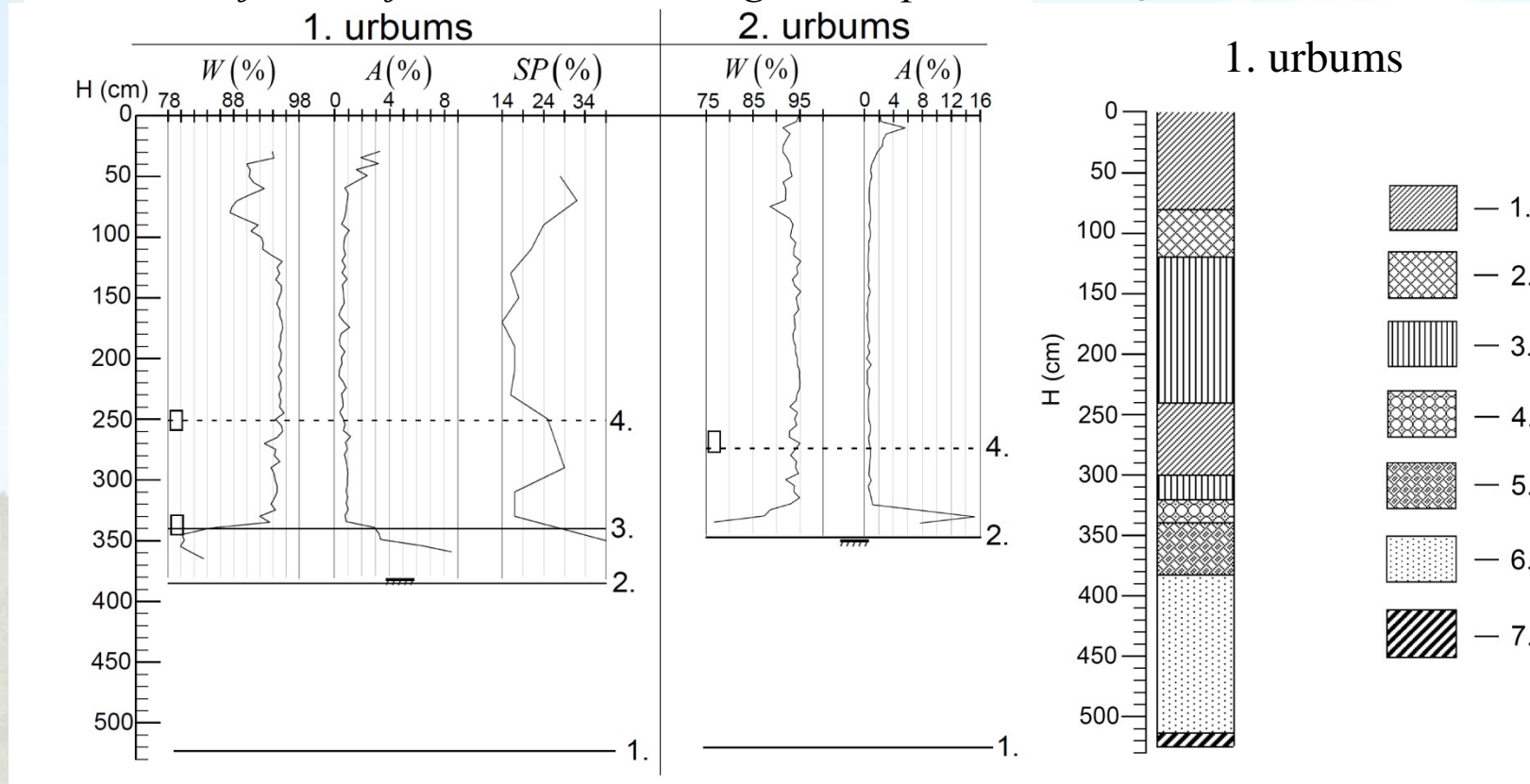
**Ar radarogrammā Dzelve-1 identificētajiem atstarojumiem veikto aprēķinu rezultāti**

Atstarojuma numurs pēc attēla 5.10.	Ģeoradara signāla izplatīšanās ātrums ( $\text{m s}^{-1}$ )	Atbilstošā $\epsilon$	Atstarotājrūpma dziļums no zemes virsmas (m)	
			1. urbums	2. urbums
1.	39187512	58,53	5,23	5,20
2.	34834947	74,06	3,85	3,47
3.	34224916	76,73	3,40	-
4.	-	-	2,51***	2,74***



# DZELVES PURVS (3)

*Radiolokācijas mērījumu sasaiste ar nogulumu īpašību izmaiņām.*

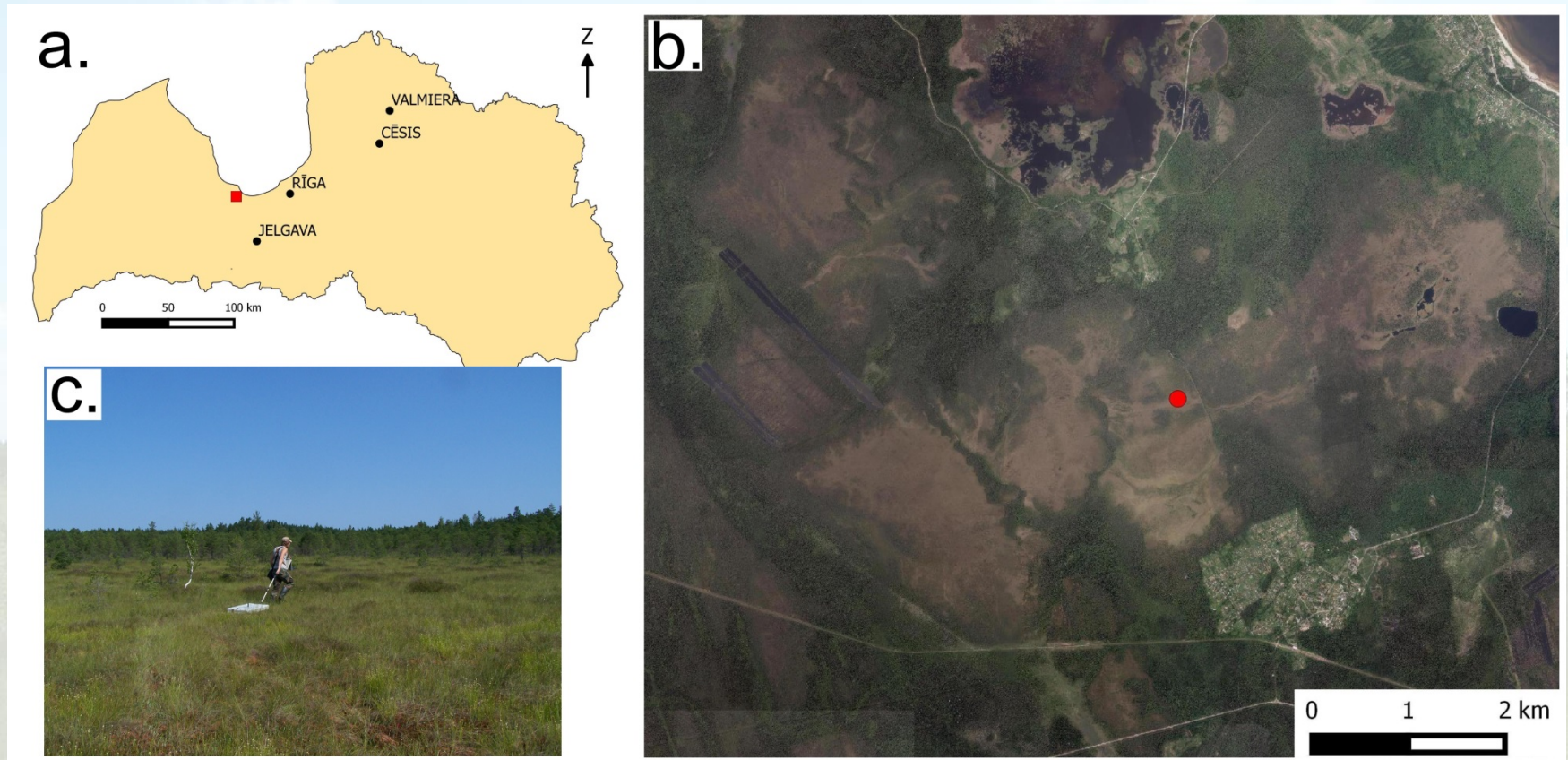


## Kūdras īpašību izmaiņas Dzelves purva ģeoloģiskajā griezumā

Apzīmējumi: 1 – spilvju sfagnu; 2 – šeihcēriju sfagnu; 3 – fuskuma sfagnu; 4 – magelānsfagnu; 5 – spilvju; 6 – smilts rupjgraudaina; 7 – aleirīts mālais.

- 2. atstarojums tika sasaistīts ar purva gultni.
- Gan 3., gan 4. atstarojums tika saistīts ar kūdras sadalīšanās pakāpes palielināšanās purva ģeoloģiskajā griezumā.
- 1. atstarojums ir saistāms ar atstarotājpvirsmu, kas ieguļ dziļāk par purva gultni.

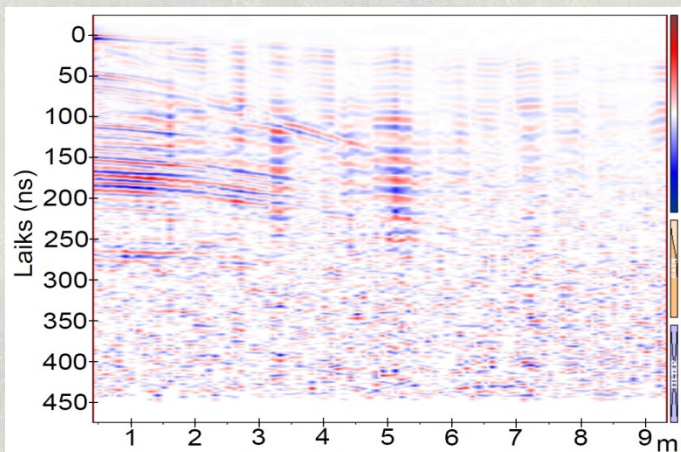
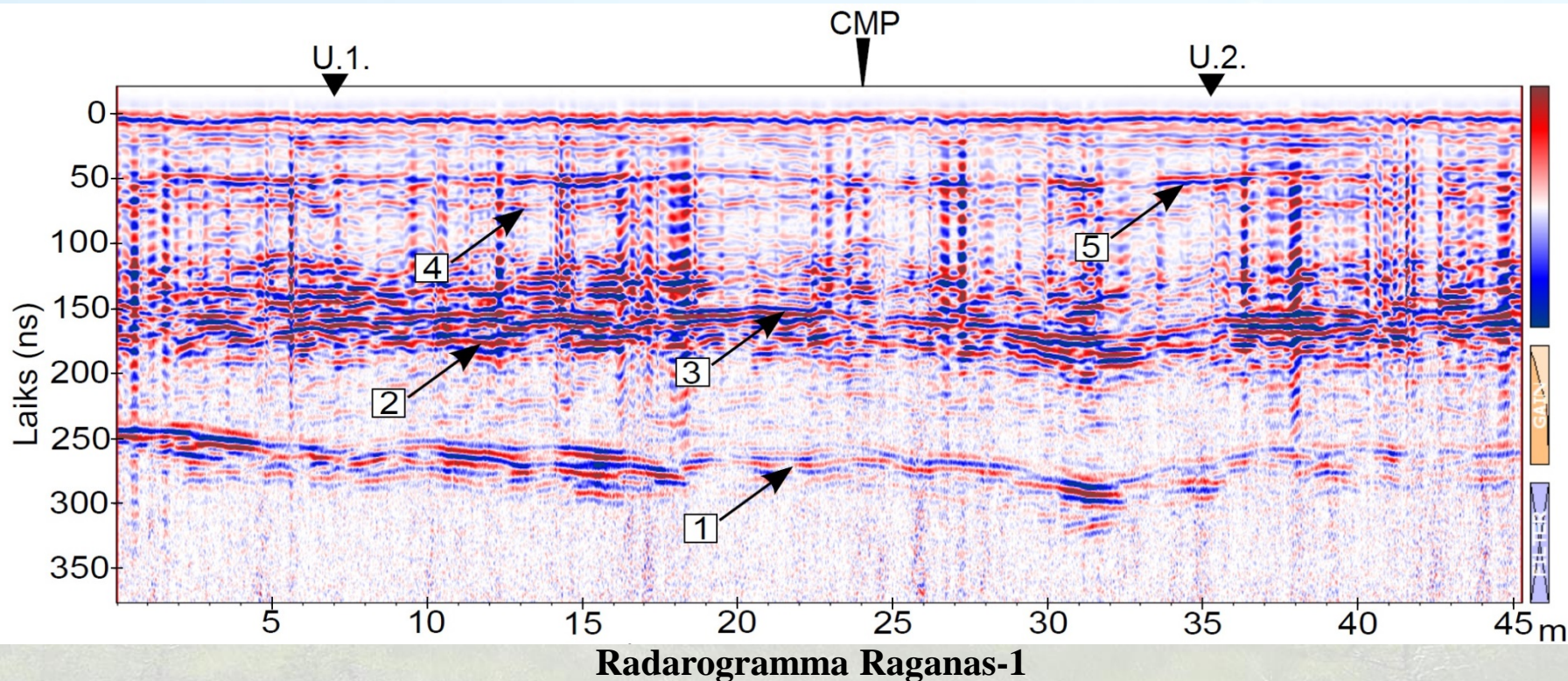
# RAGANAS PURVS (1)



**Raganas purva novietojums (a), pētījumu teritorijas novietojums Raganas purvā (b) un pētījumu teritorija (J. Vībāna foto, 2013. gada jūlijs) (c)**



## RAGANAS PURVS (2)

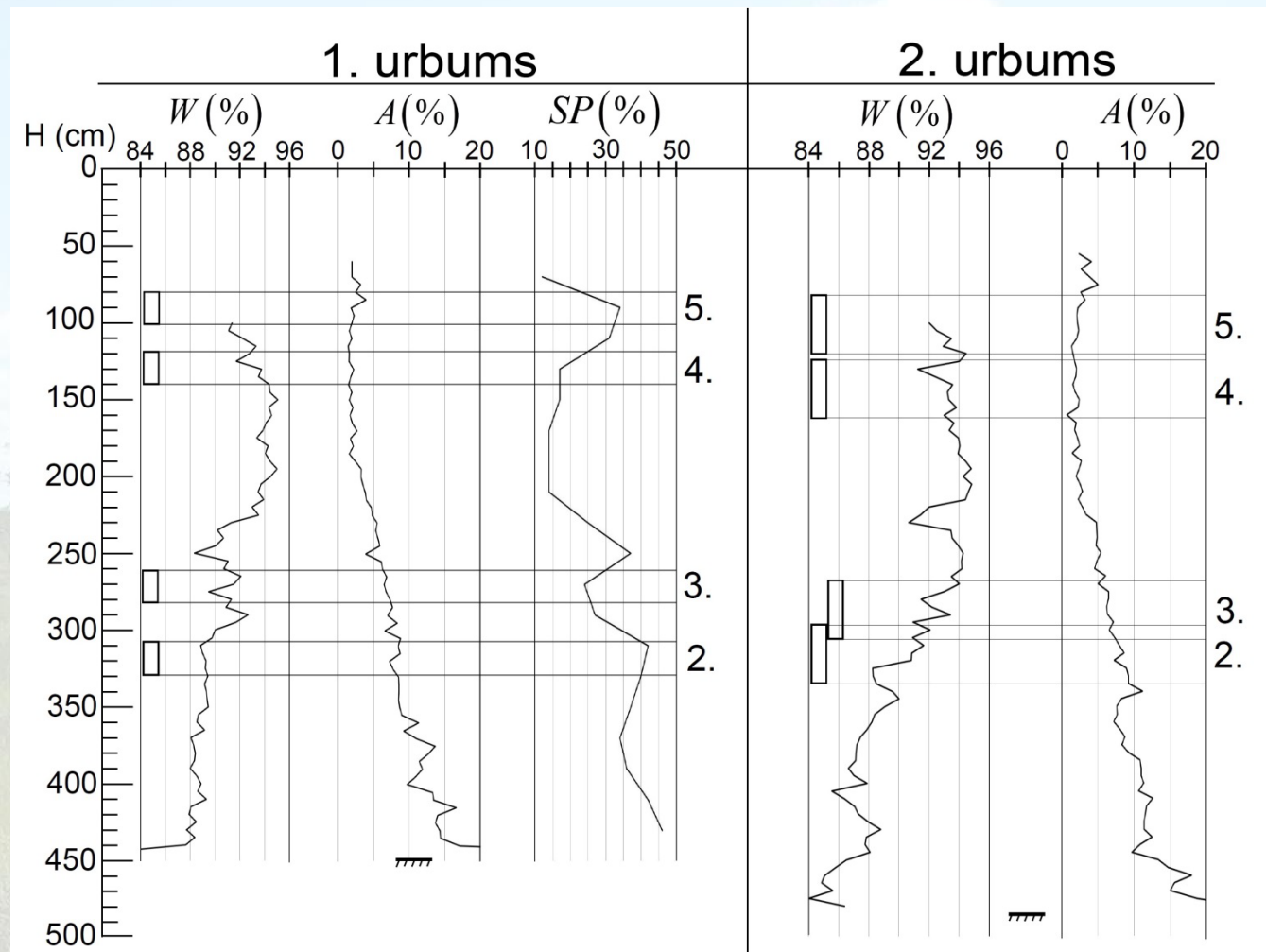


**Radarogramma Raganas-1-CMP**

Analizējot CMP mērījumu laikā ierakstīto radarogrammu, tika konstatēts, ka tajā nav iespējams identificēt nevienu atstarojumu pietiekošā skaitā zondējumu, lai būtu iespējams salīdzinoši precīzi aprēķināt ģeoradara signāla izplatīšanās ātrumu pētījumu teritorijā sastopamajos nogulumu slāņos.

# RAGANAS PURVS (3)

- 1. atstarojums, ir saistāma ne tikai ar purva gultni, bet arī ar mitruma daudzuma izmaiņām purvam pagulošā māla slāņa virskārtā.
- 2. Atstarojums iespējams ir saistāms ar kūdras sadalīšanās pakāpes izmaiņām.
- 3. Atstarojums iespējams ir saistāms ar kūdras sadalīšanās pakāpes izmaiņām.
- 4. un 5. atstarojums ir saistāmi ar kūdras sadalīšanās pakāpes izmaiņām.



**Kūdras īpašību izmaiņas Raganas purva ģeoloģiskajā griezumā**



# REZULTĀTU APKOPOJUMS

Īpašība, kuras izmaiņas tika identificēta ģeoloģiskajā griezumā	Gadījumu skaits, kuros ir identificēts ar izmaiņām saistīts atstarojums	Gadījumu skaits, kuros nav identificēts ar izmaiņām saistīts atstarojums
W	5	2
SP	4	3
B <sub>(a-p)</sub>	-	3
B <sub>(p-z)</sub>	1	1
W; SP	2	-
B <sub>(p-z)</sub> ; SP	1	-
W; SP; B	1	-
W; SP; A	1	-

Redzamas, ka daudzos gadījumos dziļumā no kura saņemts kāds atstarojums ir vērojamas vairāku kūdras fizikālo īpašību izmaiņas. Tādējādi nav iespējams viennozīmīgi novērtēt to, kura no apskatītajām īpašībām ir ietekmējusi konkrētā atstarojuma izveidošanos.





Paldies par uzmanību!