



**LATVIJAS
UNIVERSITĀTE**

ANNO 1919

UNIVERSITY OF LATVIA



MAKETIERĪCE ĀDAS MITRUMA UN TĀ SADALĪJUMA ATTĒLOŠANAI TUVAJĀ INFRASARKANAJĀ DIAPAZONĀ UN KLĪNISKIE TESTI

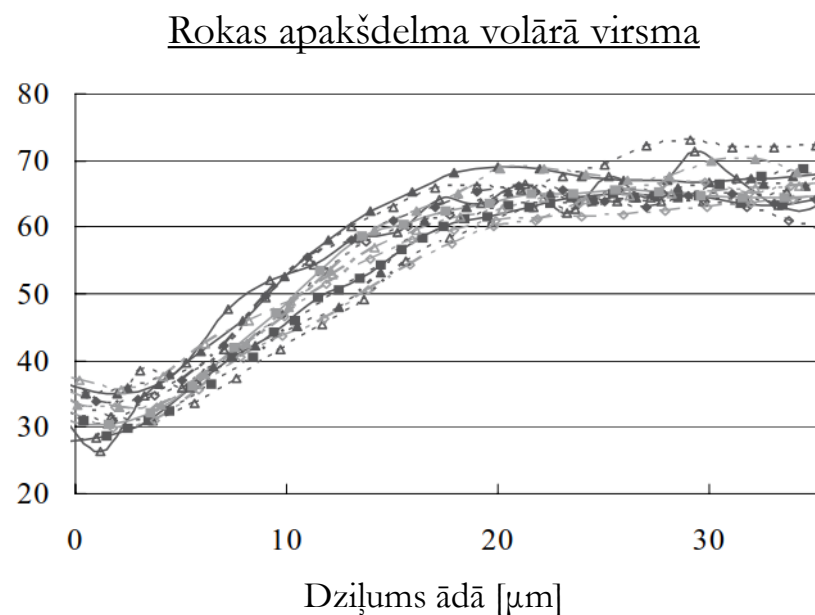
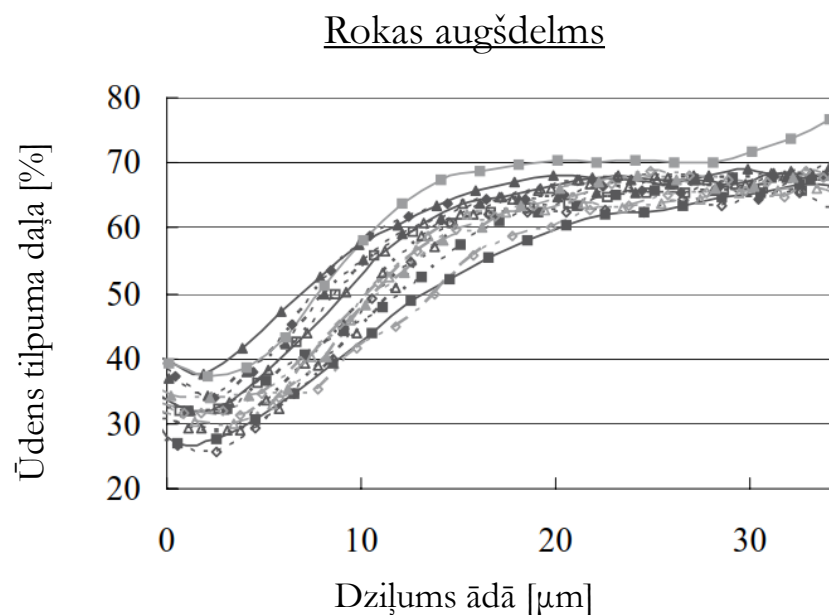
INGA SAKNĪTE, GATIS TUNĒNS, JĀNIS SPĪGULIS

BIOFOTONIKAS LABORATORIJA
ATOMFIZIKAS UN SPEKTROSKOPIJAS INSTITŪTS
LATVIJAS UNIVERSITĀTE

17. MARTS 2016, RĪGA

AKTUALITĀTE

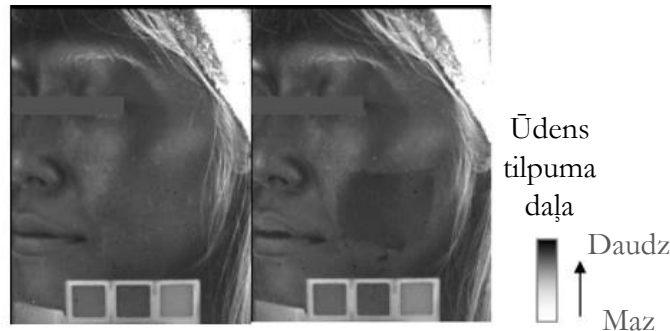
- **Ādas mitrums** = ūdens tilpuma daļa ādas virsējos slāņos (atkarīgs no dziļuma ādā);
- Komerciāli pieejamas ierīces balstās uz **elektriskajām īpašībām** (vadītspēja, pretestība);
- **Mērķis** – izpētīt optisko metožu potenciālu neinvazīvai ādas mitruma noteikšanai;
- **Pielietojums** – kosmētiskā industrija, krēmu iedarbības novērtēšana u.c.



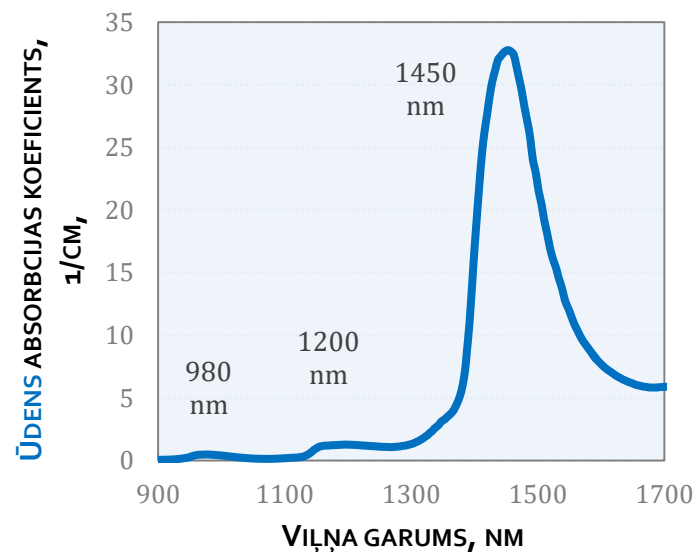
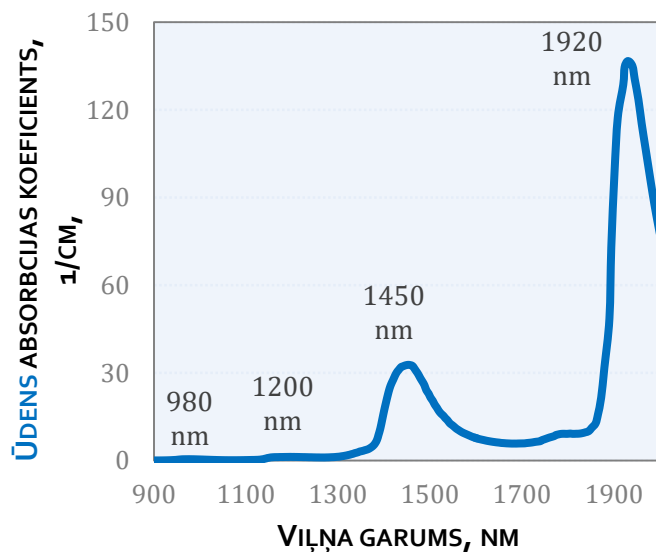
GALVENIE VIRZIENI

- **Atstarotās gaismas spektroskopija** tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā:
 - punkta mērījums;
 - kontakta metode;
- **Attēlošana** tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā:
 - iespēja iegūt plaša ādas apgabala attēlu uzreiz;
 - iespēja kartēt apgabalus ar dažādām ūdens tilpuma daļām;
 - bezkontakta metode;
- **Montekarlo simulācijas** tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā optisko parametru ietekmes uz atstarotās gaismas spektru izpētei.

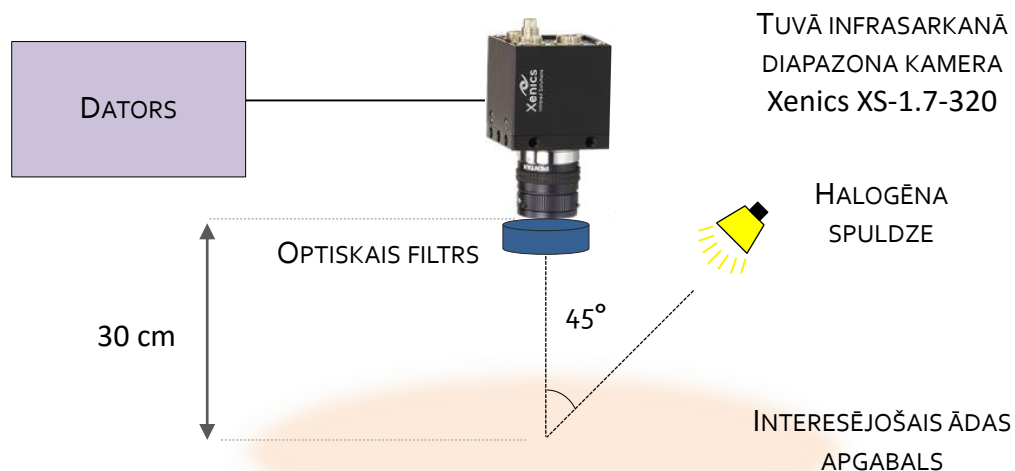
Tuvā infrasarkanā spektra diapazona attēli (1950 nm), iegūti (a) 15 minūtes pēc mazgāšanas un (b) tūlīt pēc ādas pārklāšanas ar mitrinošu emulsiju.



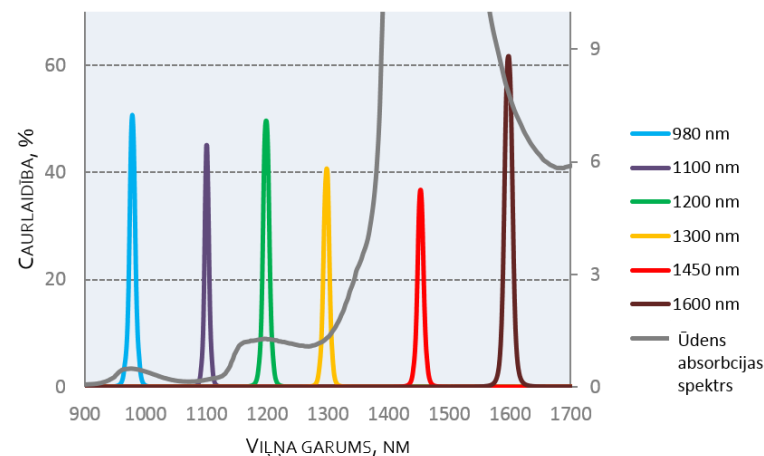
ŪDENS ABSORBCIJAS SPEKTRS



MAKETIERĪCE, IZMANTOJOT ATTĒLOŠANU TUVAJĀ INFRASARKANAJĀ SPEKTRA DIAPAZONĀ



Eksperimenta shēma ādas mitruma novērtējumam, izmantojot attēlošanu tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā

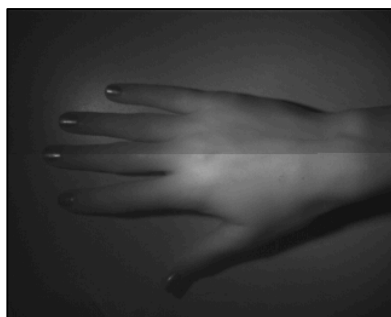


Filtru caurlaidības līknes salīdzinājumā ar ūdens absorbcijas spektru

ĒKSPERIMENTĀLA APROBĀCIJA



980 nm



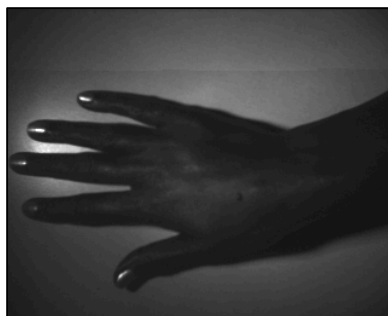
1100 nm



1200 nm



1300 nm

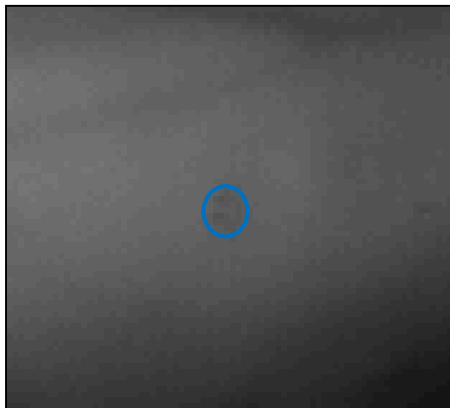


1450 nm

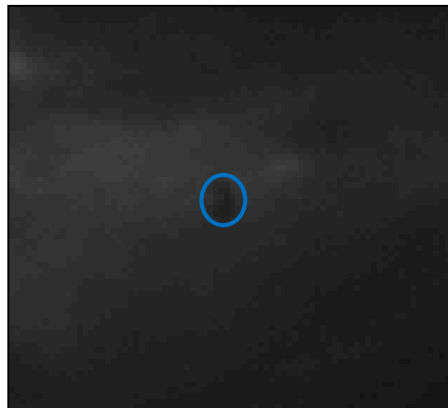


1600 nm

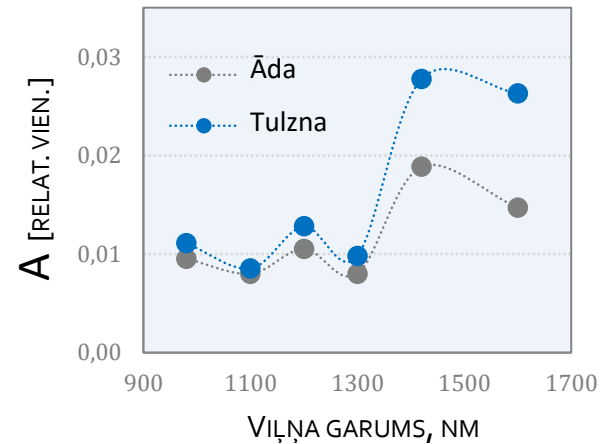
DIFFŪZI ATSTAROTĀS GAISMAS ATTĒLI, IZMANTOJOT DAŽĀDUS FILTRUS



980 nm

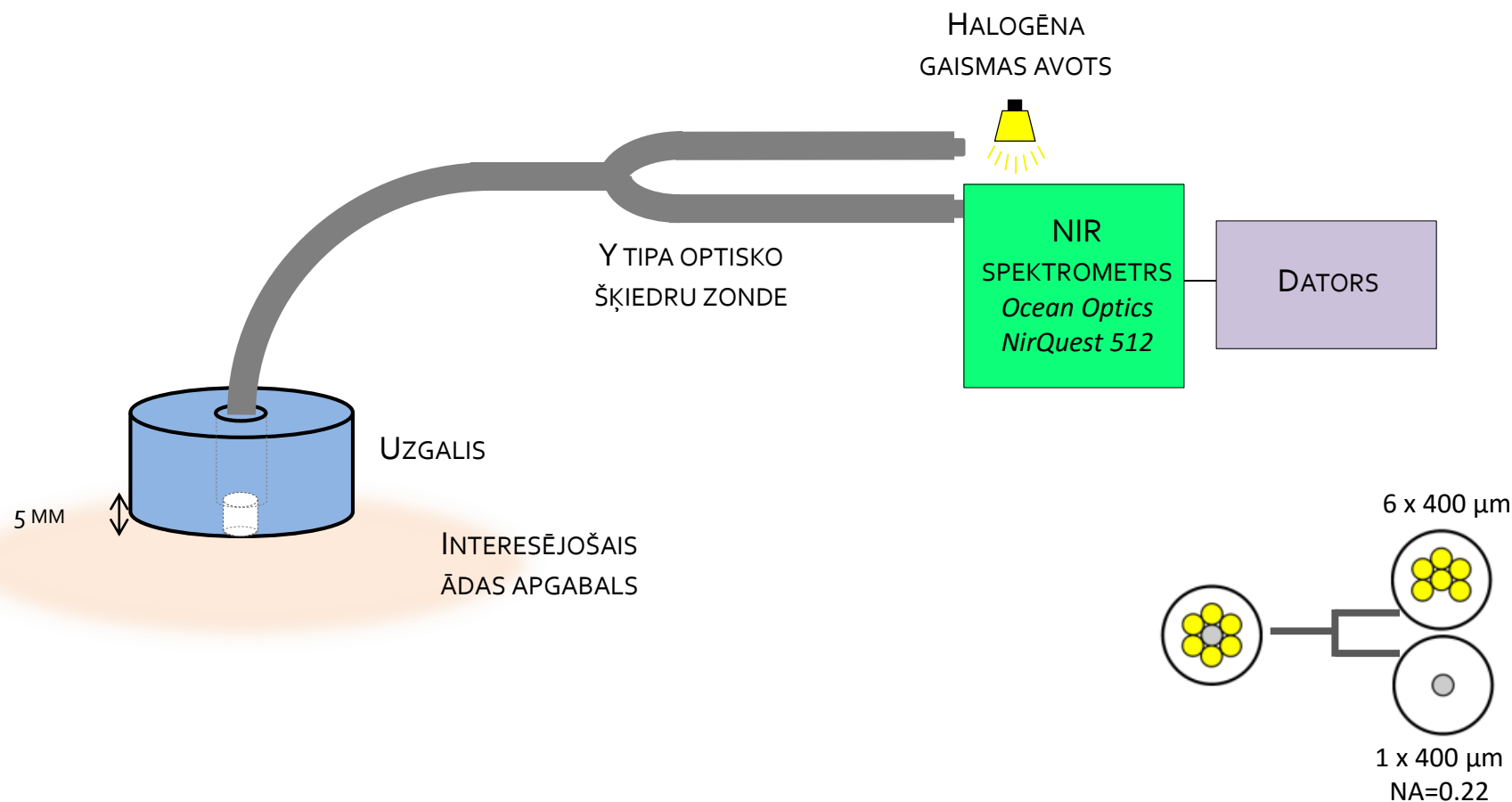


1450 nm



$$A(x, y) = \frac{1}{R(x, y)}$$

MAKETIERĪCE, IZMANTOJOT DIFŪZI ATSTAROTĀS GAISMAS SPEKTROSKOPIJAS METODI

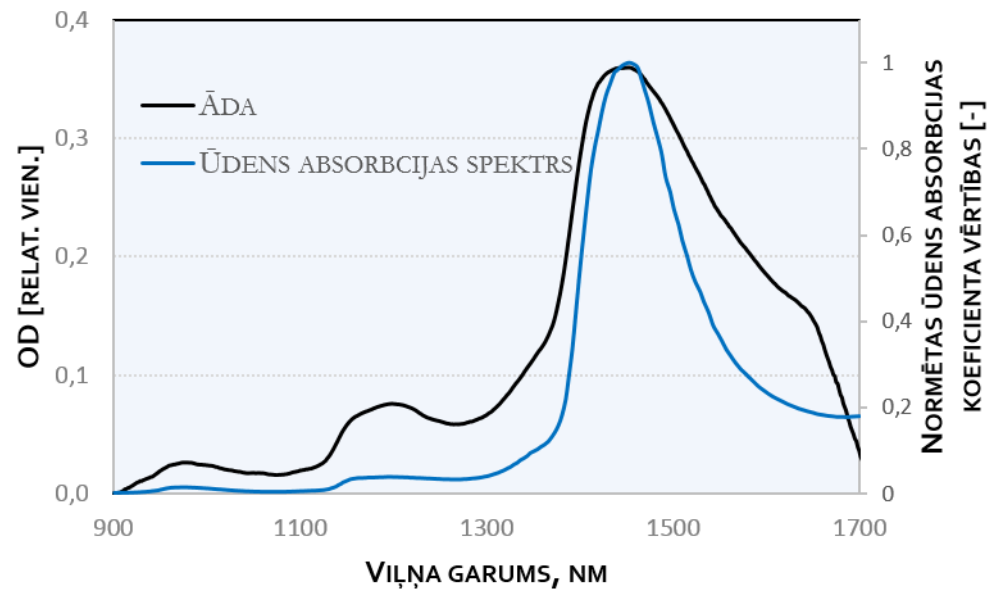


ĀDAS UN ŪDENS

ABSORBCIJAS SPEKTRU SALĪDZINĀJUMS

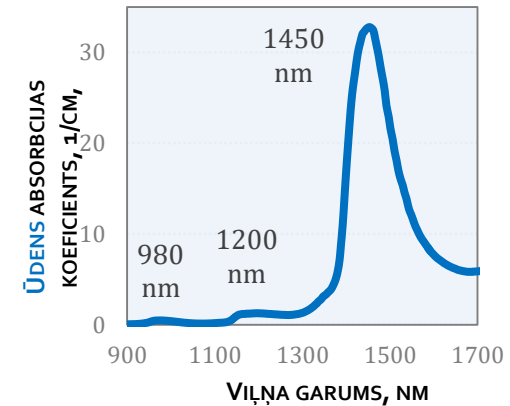
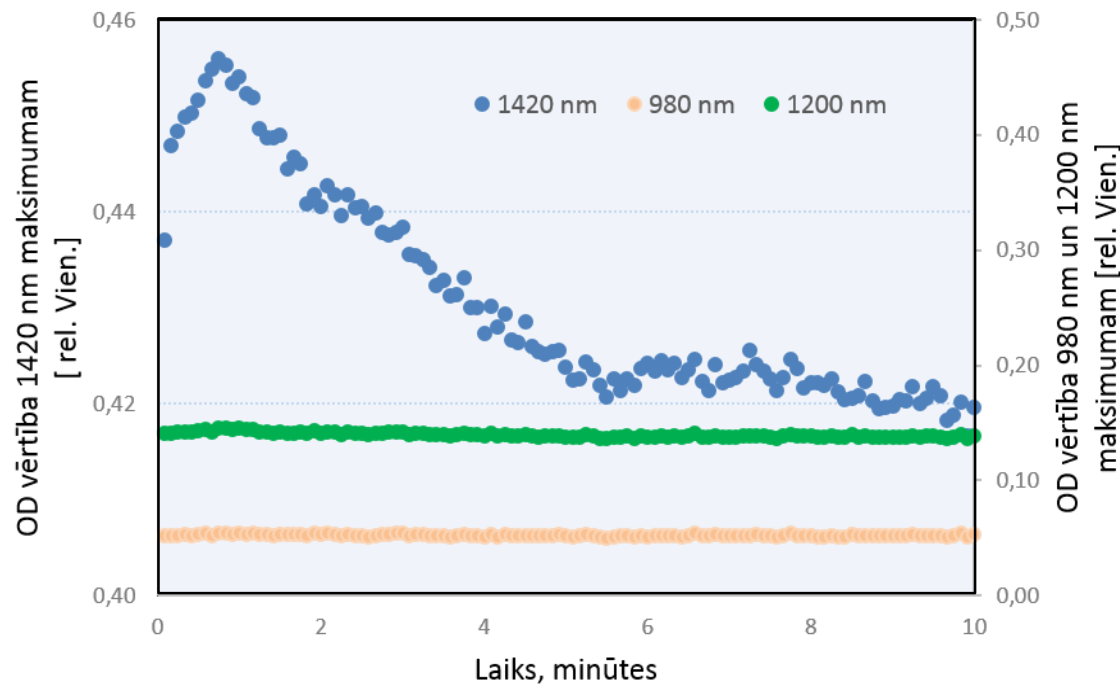
Bēra-Lamberta-Bugēra likums:

$$OD(\lambda) = \log \frac{I_0(\lambda)}{I(\lambda)}$$



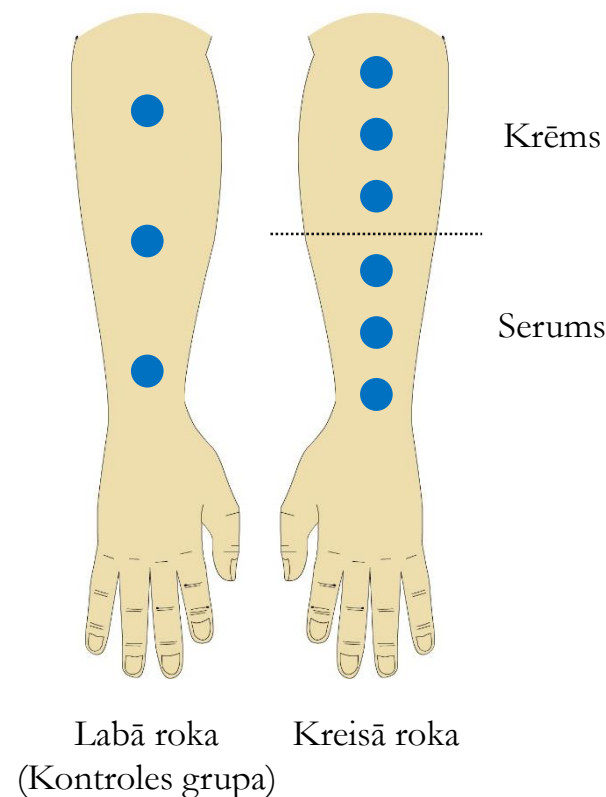
ĒKSPERIMENTĀLA APROBĀCIJA

Tika uzņemtas OD spektra izmaiņas laikā (ik pa 10 sekundēm) uzreiz pēc mitrinoša roku krēma (*Neutrogena fast absorbing hand cream, light texture*) uzklāšanas uz rokas apakšdelma (siev., 26 g., II ādas tips)



KLĪNISKA APROBĀCIJA

- 2016. gada janvārī un februārī prof. J. Kīša klīnikā (F. Sadovņikova ielā 20, Rīgā) sadarbībā ar ārstiem dermatologiem;
- Pētījumā piedalījās 39 brīvprātīgie (sievietes vecumā no 25–55 gadiem, II ādas tips);
- Divi mērījumi:
 - 1. mērījums – janvārī (pētījuma sākumā);
 - 2. mērījums – februārī (1 mēnesi vēlāk);
- Divas ierīces:
 - izstrādātā **maketierīce** ādas mitruma novērtējumam, izmantojot atstarotās gaismas spektroskopijas metodi;
 - komerciāla ierīce **DermaLab**, balstīta uz vadītspējas izmaiņām ādā;
- Trīs mērījumu grupas:
 - labās rokas (kontroles) grupa;
 - kreisās rokas **krēma** grupa;
 - kreisās rokas **seruma** grupa.
- Katrai grupai veikti trīs mērījumi, no kuriem aprēķināta vidējā vērtība.



IEGŪTIE DATI UN TO APSTRĀDE

- Iegūtas absorbciju raksturojošas vērtības:

$$OD(\lambda) = \log \frac{I_0(\lambda)}{I(\lambda)}$$

- Tālāk aplūkota OD vērtība tikai pie 1450 nm:

$$OD_{1450 \text{ nm}} [\text{rel.v.}]$$

- Parametrs ādas mitruma raksturošanai:

$$M = 10^{OD} [\text{rel.v.}]$$

- Iegūtie rezultāti ar abām ierīcēm, visu mērījumu rezultātu skala:

Izstrādātā maketierīce, parametrs **M**:

30 ... 70
[rel. v.]

Ierīce *DermaLab*, parametrs **D**:

30 ... 300
[μS]

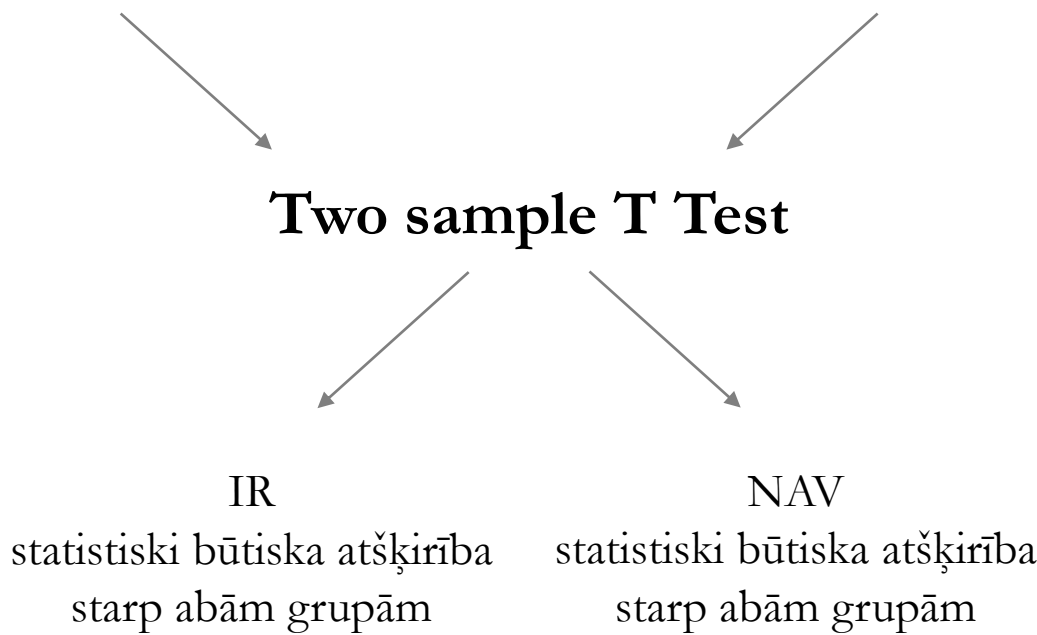
REZULTĀTU ANALĪZE

Sāukumā

- Labās rokas (kontroles) grupa
- Kreisās rokas krēma grupa
- Kreisās rokas seruma grupa

1 mēnesi vēlāk

- Labās rokas (kontroles) grupa
- Kreisās rokas krēma grupa
- Kreisās rokas seruma grupa



Two sample T Test

IR

statistiski būtiska atšķirība
starp abām grupām

NAV

statistiski būtiska atšķirība
starp abām grupām

REZULTĀTU ANALĪZE

- Vidējā vērtība visiem brīvprātīgajiem 1 mēnesi vēlāk mīnus vidējā vērtība visiem brīvprātīgajiem sākumā: **V** ;
- Standartnovirze (rezultātu izkliede visu brīvprātīgo gadījumā vienas grupas ietvaros) no iepriekš aprēķinātās vērtības: **STD_V** ;
- Standarta kļūda: **$SE_V = \frac{STD_V}{\sqrt{N}}$** , kur **$N$** ir brīvprātīgo skaits.

REZULTĀTI **KONTROLES** GRUPAI

Maketierīce, M [rel.v.]

***DermaLab*, P [μS]**

NAV statistiski būtiska atšķirība
starp abām grupām

IR statistiski būtiska atšķirība
starp abām grupām

$$\mathbf{V = 0}$$

$$STD = 4$$

$$SE = 1$$

$$N = 38$$

$$\mathbf{V = 18}$$

$$STD = 43$$

$$SE = 7$$

$$N = 36$$

Izstrādātā maketierīce, parametrs **M**:

30 ... 70 [rel. v.]

Ierīce *DermaLab*, parametrs **D**:

30 ... 300 [μS]

REZULTĀTI **KRĒMA** GRUPAI

Maketierīce, M [rel.v.]

***DermaLab*, P [μS]**

NAV statistiski būtiska atšķirība
starp abām grupām

IR statistiski būtiska atšķirība
starp abām grupām

$V = -1$
 $STD = 6$
 $SE = 1$
 $N = 38$

$V = 61$
 $STD = 49$
 $SE = 8$
 $N = 36$

Izstrādātā maketierīce, parametrs **M**:

30 ... 70 [rel. v.]

Ierīce *DermaLab*, parametrs **D**:

30 ... 300 [μS]

REZULTĀTI **SERUMA** GRUPAI

Maketierīce, M [rel.v.]

IR statistiski būtiska atšķirība
starp abām grupām

$V = 2$
 $STD = 5$
 $SE = 1$
 $N = 38$

Izstrādātā maketierīce, parametrs **M**:

30 ... 70 [rel. v.]

***DermaLab*, P [μ S]**

IR statistiski būtiska atšķirība
starp abām grupām

$V = 35$
 $STD = 47$
 $SE = 8$
 $N = 36$

Ierīce *DermaLab*, parametrs **D**:

30 ... 300 [μ S]

SECINĀJUMI

- Kontroles grupas gadījumā tika sagaidīts, ka nebūs atšķirības starp abām grupām – ar maketierīci tika iegūti atbilstoši rezultāti, savukārt ar *DermaLab* – nē;
- Tika sagaidīts, ka krēma grupas gadījumā vajadzētu būt statistiski būtiskam uzlabojumam – ar *DermaLab* tādi rezultāti arī tika iegūti, bet ar izstrādāto maketierīci sanāca, ka ir neliels pasliktinājums;
- Tika sagaidīts, ka seruma grupas gadījumā vajadzētu būt statistiski būtiskam uzlabojumam – ar abām ierīcēm šāds rezultāts tika iegūts;
- Salīdzinot krēma un seruma grupu *DermaLab* ierīces gadījumā, tika secināts, ka uzlabojums krēma grupai ir apmēram 2 reizes lielāks ($V = 61$) kā seruma grupai ($V = 35$);
- Redzams, ka pie mazām ādas mitruma izmaiņām ar *DermaLab* ierīci iegūto ādas mitruma parametru vērtība ir pieaugusi daudz straujāk, salīdzinot ar maketierīces rezultātiem.

MONTEKARLO SIMULĀCIJU PROGRAMMA

input

P T

General input parameters

Range [nm]

From 1150 To 1600

Select range 1000-170...

Scat. coeff. type Constant

Spectral resolution [nm] 5

Number of photons 300000

Number of layers 2

Bin size and bin amount

	Number of bins	Bin size [cm]
z axis	100	0.001
r axis	100	0.001
a axis	100	

Refractive index [-]

Medium above 1

Medium below 1

Create input file

Run Monte Carlo simulation(s)

Read output file(s)

Auto-simulations

Layer 1

Absorption coefficient [1/cm]

Volume fraction [0:1]

0.4 x ☒ Water

1 x ☐ Oxy-hemoglobin

1 x ☐ Deoxy-hemoglobin

1 x ☐ Melanin

1 x ☐ other

Refractive index [-] 1.5

Scattering coefficient [1/cm] 22 x coefficient 1

Anisotropy [-] 0.85

Layer depth [cm] 0.002

Layer 2

Absorption coefficient [1/cm]

Volume fraction [0:1]

0.60 x ☒ Water

1 x ☐ Oxy-hemoglobin

1 x ☐ Deoxy-hemoglobin

1 x ☐ Melanin

1 x ☐ other

Refractive index [-] 1.4

Scattering coefficient [1/cm] 22 x coefficient 1

Anisotropy [-] 0.9

Layer depth [cm] 0.05

Layer 6

Absorption coefficient [1/cm]

Volume fraction [0:1]

1 x ☐ Water

1 x ☐ Oxy-hemoglobin

1 x ☐ Deoxy-hemoglobin

1 x ☐ Melanin

1 x ☐ other

Refractive index [-]

Scattering coefficient [1/cm] x coefficient 1

Anisotropy [-]

Layer depth [cm]

Layer 7

Absorption coefficient [1/cm]

Volume fraction [0:1]

1 x ☐ Water

1 x ☐ Oxy-hemoglobin

1 x ☐ Deoxy-hemoglobin

1 x ☐ Melanin

1 x ☐ other

Refractive index [-]

Scattering coefficient [1/cm] x coefficient 1

Anisotropy [-]

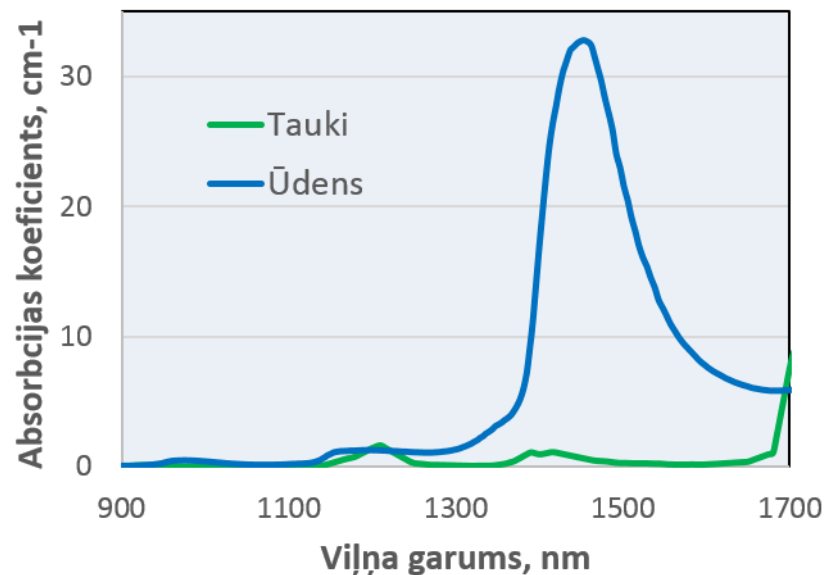
Layer depth [cm]

MONTEKARLO SIMULĀCIJAS

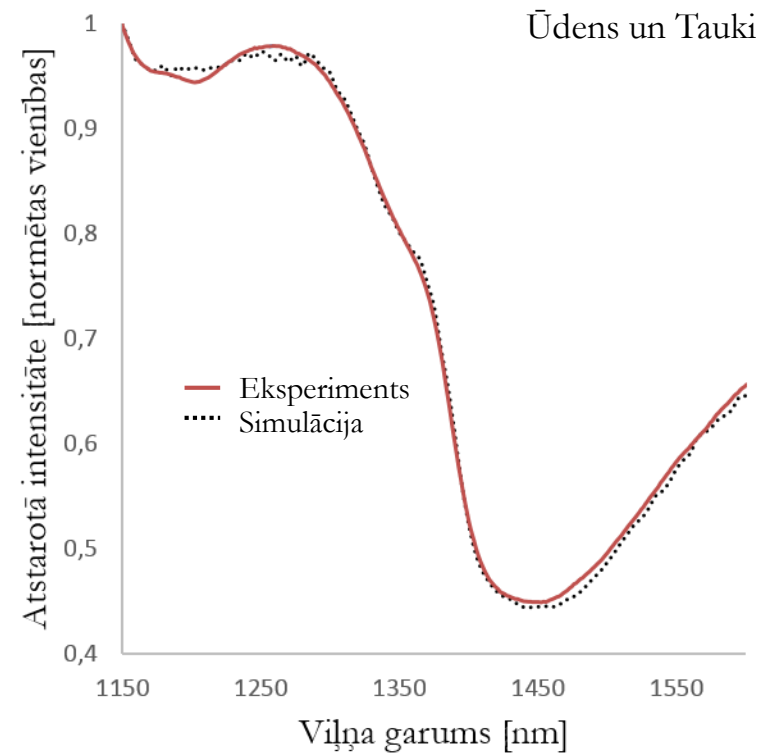
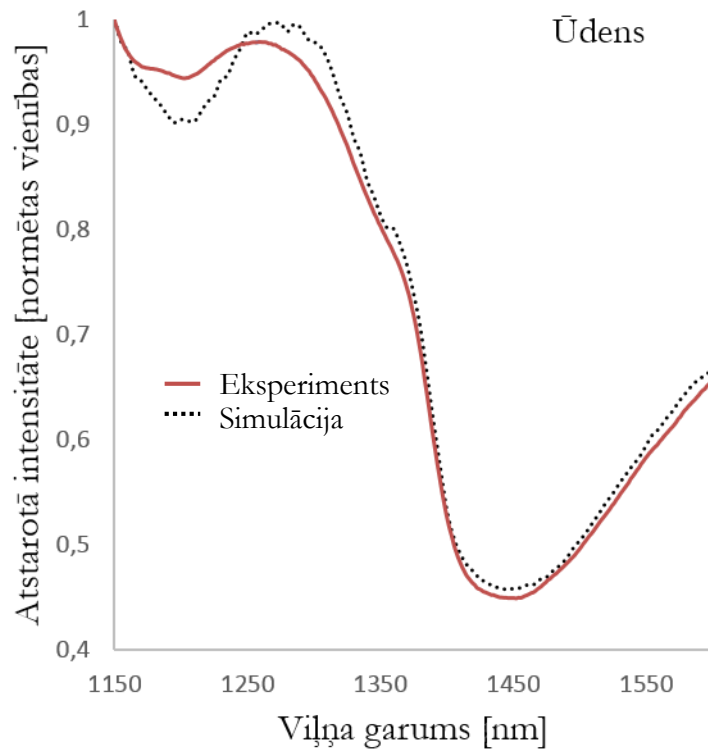
- $d_1 = 0,02 \text{ mm}; d_2 = 0,50 \text{ mm};$
- $n_1 = 1,5 ; n_2 = 1,4;$
- $g_1 = 0,85 ; g_2 = 0,9;$
- $\mu_s = 22 \text{ cm}^{-1};$
- 300 000 fotoni;
- Spektrālais diapazons: 1150–1600 nm;
- **Ūdens** tilpuma daļa:
 - $c_1^{\bar{u}} = 40\%$
 - $c_2^{\bar{u}} = 60\%$
- **Tauku** tilpuma daļa:
 - $c_1^l = 10\%$
 - $c_2^l = 10\%$

$d_1 = 0,02 \text{ mm}$

$d_2 = 0,50 \text{ mm}$



Montekarlo simulācijas



GALVENIE REZULTĀTI

- Izveidota maketierīce ādas mitruma novērtējumam, izmantojot atstarotās gaismas spektroskopiju tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā;
- Izveidota maketierīce apgabalu ar paaugstinātu ūdens tilpuma daļu attēlošanai tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā;
- Veikta eksperimentāla abu maketierīču aprobācija laboratorijā;
- Veikta klīniska aprobācija, izmantojot atstarotās gaismas spektroskopijas maketierīci, salīdzinot rezultātus 39 pacientiem ar komerciālu ādas mitruma novērtēšanas ierīci, kuras darbības princips balstīts uz vadītspējas izmaiņām ādā ūdens ietekmē;
- Izveidota lietotājam ērti izmantojama programma Montekarlo simulāciju veikšanai plašā spektra diapazonā 400–1700 nm, iekļaujot dažādas ādā esošās hromoforas, t.sk. ūdeni, taukus, hemoglobīnu u.c.

PUBLICITĀTE

Prezentācijas:

- I.Saknīte, J.Spīgulis “Determination of in vivo skin moisture level by near-infrared reflectance spectroscopy”; stenda referāts konferencē “Photonics West 2015” 7.-12. februārī (2015) Sanfrancisko, ASV;
- G.Tunēns, I.Saknīte, J.Spīgulis “Modelling diffuse reflectance spectrum of skin in the near-infrared spectral range by Monte Carlo simulations”; stenda referāts starptautiskajā studentu konferencē “Developments in Optics and Communications 2015” 8.-10. aprīlī (2015) Rīgā, Latvijā;
- I.Saknīte, G.Tunēns, J.Spīgulis “Study on near-infrared reflectance spectroscopy of skin for noninvasive determination of skin hydration”, stenda referāts Biofotonikas vasaras skolā 6.-13. jūnijā Venas salā, Zviedrijā;
- G. Tunens, I. Saknite, J. Spigulis. Modelling skin diffuse reflectance spectra in the near-infrared and visible range. DOC, Riga, March 2016;
- R. Janovskis, I. Saknite, J. Spigulis. Infrared spectroscopy and imaging for estimation of skin hydration". Developments in Optics and Communications, Riga, March 2016.

Raksti:

- I. Saknite and J. Spigulis, “Determination of in vivo skin moisture level by near-infrared reflectance spectroscopy,” *Proc. SPIE*, 9332, 93320Y (2015).
- I. Saknite, G. Tunens, J. Spigulis, “Study on near-infrared reflectance spectroscopy of skin for noninvasive determination of skin hydration” (*tiesniegts publicēšanai Journal of Biomedical Optics*).

