



**Suuremahuliste täppisteaduste  
valdkonna infrastruktuuride infopäev:  
NAMUR+**

**10.01.2017, Dorpat,  
Tartu**

Anne Kahru, KBFI juhtivteadur  
TA uurija-professor

**Nanomaterjalide bioloogilised toimed:  
KBFI nanotoksikoloogide ja Eesti  
materjaliteadlaste koostöö**

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017




- **I Sessioon**
- **10:00** – Infopäeva avamine (teadusprorektor Marco Kirm, TÜ)
- **10:10** – Ülevaade infrastruktuuri objektist "Nanomaterjalide tehnoloogiate ja uuringute keskus (NAMUR+)" (PhD Vambola Kisand, TÜ)
- **10:30** – Titan 200 - analüütiline, kõrglahutusega elektronmikroskoop (prof. Väino Sammelselg, TÜ)
- **10:40** – *Nanomaterjalide bioloogilised toimed: KBFI nanotoksikoloogide ja Eesti materjaliteadlaste koostöö* (PhD Anne Kahru, KBFI)
- **10:50** – *Nanostruktuursete materjalide valmistamise ja karakteriseerimise võimalustest TTÜ-s* (PhD Marit Kauk-Kuusik, TTÜ)
- **11:00** – *Eesti osalus neutronkiirgusallika European Spallation Source ehitamisse – värv uute uurimismeetoditeni* (akad. Enn Lust, ESSource II vastutav täitja, TÜ)
- **11:30** – *Näiteid neutronhajumismeetodite rakendamisest* – KBFI ja TÜ kogemus (PhD Dan Hüvonen, KBFI)

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017






### KBFI – direktor U. Nagel

Neli laborit:

- Keemilise Füüsika – D. Huvonen
- Kõrge Energia Füüsika – M. Raidal
- **Keskkonnatoksikoloogia (KTL) – A. Kahru**
- Bioenergeetika – T. Käämbre



**KBFI KTL (2015),  
10 PhD kraadiga teadlast + 8 doktoranti,**

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017

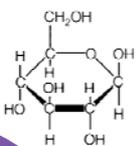


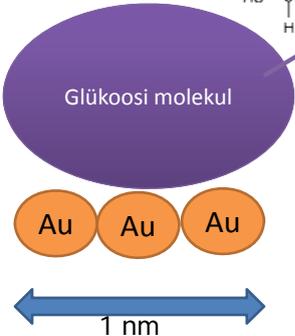



### Nanoosakesed – 21. sajandi menukemikaalid



- Kemikaalid on kaasaegse elu ja progressi lahutamatu osa
- 21. sajandi nukemikaalid on **süntetilised nanoosakesed** – osakesed, mille vähemalt 1 mõõde on 1-100 nm



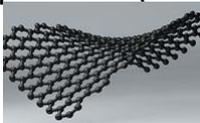


Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017




## Sünteesilised nanoosakesed

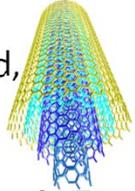
- Süsiniku-põhised (fullereenid, C-nanotorud, grafeen)
 



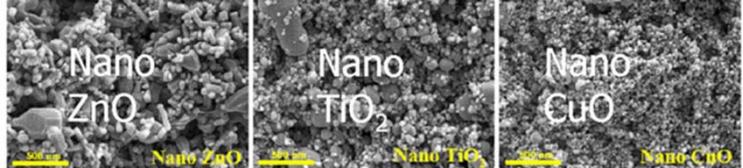
Grafeen – süsiniku aatomite monokiht



C60



C-NTs
- Metallipõhised (ZnO, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>, CdSe jne)



Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017

## Nanod teevad tugevaks ja puhtaks ja palju muud kasulikku






CNTd ja grafeen on terasest 100x tugevamad

### Kaitsevad UV-kiirguse eest

**Hokikepid, reketid, rattaraamid, tuulegeneraatorite labad (C-nanotorud)**





**Konditsioneer**  
Silver-nano filter  
Samsung (n-Ag)

**Pesumasin**  
Silver Wash tehnoloogia  
Samsung (n-Ag)

**Külmik**  
Silver-nano pinnakatted  
Samsung (n-Ag)




nTiO<sub>2</sub>

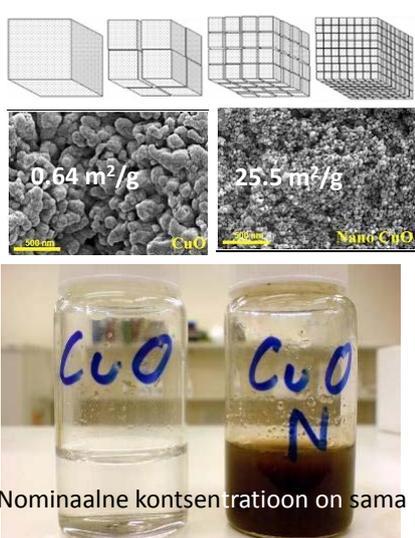
### Valguse käes isepuhastuv klaas



nTiO<sub>2</sub>

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017

**Nanoosakesed: uudsed omadused**



0.64 m<sup>2</sup>/g  
25.5 m<sup>2</sup>/g

Nominaalne kontsentratsioon on sama

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017  
7

- Suureneb eripind
- Rohkem aatomeid pealispinnal
- Pinna reaktiivsus suur
- Ilmnevad uudsed omadused
  - elektroonilised
  - optilised
  - keemilised

Omadus 1  
Omadus 2  
Omadus 3  
Omadus 4  
Omadus 5  
Omadus 6

- Uudsed füüs.-keem. omadused?
- Suureneb biosaadavus?
- **Suureneb mürgisus?**

**Nanomaterjalide (NM) iseloomustamine (füüsikalised-keemilised omadused)**

- Primaarosakeste suurus ja kuju – TEM, ka SEM
- NM eripind – BET
- NM hüdrodünaamiline suurus – DLS
- NM lahustuvus (oluline metalliliste NM puhul → metallioonide poolt vahendatud mürgisus!)
- Reeglina ei saa ühtegi teadusartiklit tänapäeval avaldada, kui NM ei ole vähemalt nende parameetrite osas iseloomustatud.
- Sest alles siis saab aru, millega meil on au → milliseid võluomadusi (ja ka ohtlikke omadusi) võib sellelt NM oodata

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017

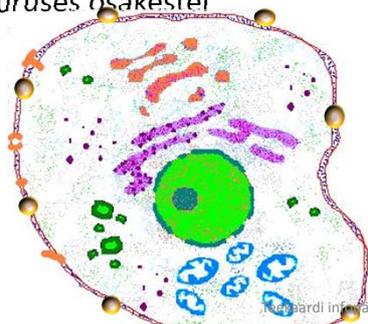
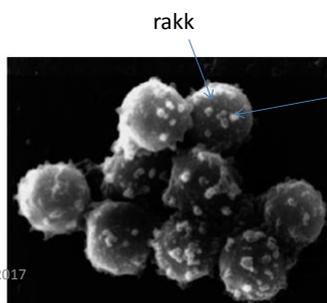


Erastuleneviku heaks

## Nanotehnoloogia varjuküljed

Kas on üldse põhjust arvata, et nanoosakestel on elusorganismidele mingid kahjulikud mõjud?

Jah, sest need osakesed on nii väikesed, et sisenevad vabalt elusrakkudesse (kui just kõva rakukest ei sega – vetikad, bakterid) Lisaks on nanosuuruses metalli-põhistel osakestel suurenenud lahustuvus ja mitmed teised mõjud, mis ei esine sama materjali tavasuuruses osakestel

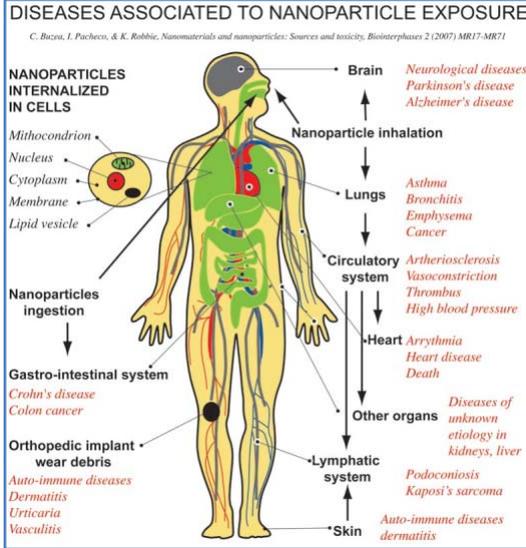
Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017



Erastuleneviku heaks

## Nanoosakesed ja inimese terviseriskid?

DISEASES ASSOCIATED TO NANOPARTICLE EXPOSURE  
C. Bizou, F. Pacheco, & K. Robbie, *Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity, Biointerphases 2 (2007) MR17-MR21*



**NANOPARTICLES INTERNALIZED IN CELLS**

- Mitochondrion
- Nucleus
- Cytoplasm
- Membrane
- Lipid vesicle

**Nanoparticles ingestion**

**Gastro-intestinal system**

- Crohn's disease
- Colon cancer

**Orthopedic implant wear debris**

- Auto-immune diseases
- Dermatitis
- Urticaria
- Vasculitis

**Nanoparticle inhalation**

**Lungs**

- Asthma
- Bronchitis
- Emphysema
- Cancer

**Circulatory system**

- Arteriosclerosis
- Vasoconstriction
- Thrombus
- High blood pressure

**Heart**

- Arrhythmia
- Heart disease
- Death

**Other organs**

- Diseases of unknown etiology in kidneys, liver

**Lymphatic system**

- Podoconiosis
- Kaposi's sarcoma

**Skin**

- Auto-immune diseases
- dermatitis

**Peamised ohud siiski:**

- Nanoosakesi tootvatele töölistele
- Looduskeskkonnale (läbi jäätmevoogude)

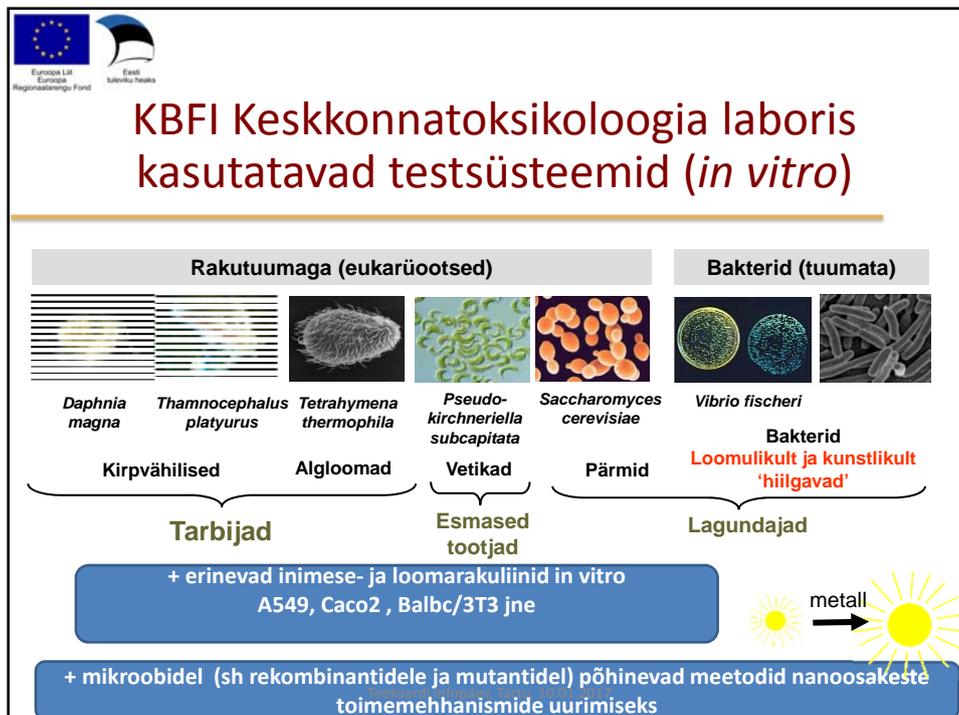
Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017

## KBFI KTL nano-uuringud

### SÜNTEETLISED NANOOSAKESED:

- Kas mürgised?
- Kellele kui mürgised?
- Miks mürgised?
- Kuidas kiiresti ja võimalikult odavalt mõlemaid omadusi kindlaks teha?

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017



**REACH** REACH - Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

REACH-i pea-eesmärk:  
 ➤ Hinnata EL-s ringlevate kemikaalide ohtlikud mõjud inimestervisele ja keskkonnale aastaks **2018**

**Toksikoloogia**  
 Testid hiirte, rottide, merisigade küülikutega

- REACHi 'toimikuid' on praeguseks <20 nanomaterjali kohta  
 - TiO<sub>2</sub>, ZnO ja CuO osas on palju nende toimikute andmeid pärit KBFI KTL teadusartiklitest

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017




  **Nanotehnoloogiad: vaade tulevikku**

➤ Nanotehnoloogiad võimaldavad luua palju uusi laia kasutusala materjale ja seadmeid: meditsiin, biomaterjalid, elektroonika, energiatootmine

➤ Nagu iga teinegi UUS tehnoloogia, tulevad päevakorda mured tehnoloogia varjukülgedest (toksilisus, keskkonnamõjud, ülemaailmsed mõjud nt majandusele)

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017



Euroopa Liit  
 Euroopa  
 Regioonidearengu Fond

Eesti  
 Arengufond

Novaatorlust ei tohi torpedeerida,  
 ent ohud peavad olema minimeeritud

Tervise ja keskkonnakaitse *versus* Nanotehnoloogiate panus ühiskonna arengusse

Nanotehnoloogiate jätkusuutlikkus

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017

Euroopa Liit  
 Euroopa  
 Regioonidearengu Fond

Eesti  
 Arengufond

**Asbest - kunagine võlumaterjal**

**Süsinik-nanotorud omavad samasuguseid kahjulikke mõjusid kui asbestikiud!**

Suzui et al. (2016) "Multiwalled carbon nanotubes intratracheally instilled in the **rat lung** induced development of **pleural malignant mesothelioma and lung tumors**"

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017



**Milliseid nanomaterjale oleme uurinud**

Koostöös TÜga (A. Tamm)

- Ag
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Au
- Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>
- CuO
- Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>
- MgO

- Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>
- Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- SiO<sub>2</sub>
- ZnO
- TiO<sub>2</sub>
- WO<sub>3</sub>
- Pd
- MWCNTs

- Ni
- Ni-TiO<sub>2</sub>
- CuO-TiO<sub>2</sub>




|   |
|---|
| CeO <sub>2</sub>  |
| Ce <sub>0,9</sub> Gd <sub>0,1</sub> O <sub>2</sub>                      |
| Gd <sub>0,97</sub> CoO <sub>3</sub>                                     |
| LaCoO <sub>3</sub>  |
| LaFeO <sub>3</sub>  |
| La <sub>2</sub> NiO <sub>4</sub>  |
| (La <sub>0,6</sub> Sr <sub>0,4</sub> ) <sub>0,95</sub> CoO <sub>3</sub> |
| (La <sub>0,5</sub> Sr <sub>0,5</sub> ) <sub>0,99</sub> MnO <sub>3</sub> |
| Ce <sub>0,8</sub> Pr <sub>0,2</sub> O <sub>2</sub>                      |





**Koostööpartnerid Eestis: keemikud, füüsikud bioloogid, geoloogid, materjaliteadlased**



**Tartu Ülikool**

- Jaak Truu
- Vambola Kisand/Ergo Nõmmiste
- Uko Maran
- Tarmo Tamm/Kaido Tamm
- Tiina Alamäe
- Alvo Aabloo/Kaija Pohako
- Koit Herodes
- Aile Tamm/Kaupo Kukli



**Tallinna Tehnikaülikool**

- Nicolas Gathergood
- Lilian Järvekülg
- Erwan Rauwel
- Andres Öpik
- Marina Trapido
- Margus Lopp
- Rein Kuusik
- Tõnu Pihu
- Tarmo Soomere
- Urve Kallavus
- Lauri Kollo/Jakob Kübarsepp
- Signe Adamberg



**Eesti Maaülikool**

- Kalev Sepp
- Kaja Orupõld
- Arvo Tuvikene
- Rein Järvekülg





Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017



## Näiteid KBFI ja TÜ, TTÜ ja TLÜ ühistöös sündinud ja valmisjärgus nanotoksikoloogilistest publikatsioonidest

- 
 Joost, U., Juganson, K., Visnapuu, M., Mortimer, M., Kahru, A., Nõmmiste, E., Joost, U., Kisand, V., and Ivask, A. (2015) Photocatalytic antibacterial activity of **nano-TiO<sub>2</sub>** (anatase)-based thin films: Effects on *Escherichia coli* cells and fatty acids, *Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology* 142, 178-185.
- 
 Bondarenko, O.M., Ivask, A., Kahru, A., Vija, H., Titma, T., Visnapuu, M., Joost, U., Pudova, K., Adamberg, S., Visnapuu, T., and Alamäe, T. (2016) **Bacterial polysaccharide levan** as stabilizing, non-toxic and functional coating material for **microelement-nanoparticles**, *Carbohydrate Polymers* 136, 710-720.
- 
 Titma, T., Shimmo, R., Siigur, J., and Kahru, A. (2016). Toxicity of **antimony, copper, cobalt, manganese, titanium and zinc oxide nanoparticles** for the alveolar and intestinal epithelial barrier cells in vitro, *Cytotechnology* 68, 2363-2377.
- 
 Peep Uudeküll, Jekaterina Kozlova, Hugo Mändar, Joosep Link, Mariliis Sihtmäe, Sandra Suppi, Irina Blinova, Anne Kahru, Raivo Stern, Tanel Tätte, Kaupo Kukli, Aile Tamm "Atomic Layer Deposition of **Titanium Oxide** Films on As-Synthesized Magnetic **Ni Particles**: Magnetic and Safety Properties". *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Accepted for publication.
- 
 Jasper Adamson, Olesja M Bondarenko, Peep Uudeküll, Masahiko Tsujimoto, Anna Shugai, Anna-Liisa Kubo, Sven Telliskivi, Mait Nigul, Shinpei Yamamoto, Anne Kahru, Raivo Stern and Liis Seinberg. "Quasi-Cubic **Iron Core-Shell Nanoparticles** Functionalized to Obtain High-Performance MRI Contrast Agents" To be submitted
- 
 Elise Joonas, Villem Aruoja, Kalle Olli, Guttorm Syvertsen-Wiig, Heiki Vija, Anne Kahru. Inhibition of algal growth by **doped rare earth oxide particles** and their constituent metals. To be submitted to *Sci Tot Env*

Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017



## AITÄH KUULAMAST ja viljakat edasist koostööd!



Teekaardi infopäev, Tartu, 10.01.2017