

KUHMO



SUOMEN METSÄSÄÄTIÖ



MAASEUTU 2020

# Puurakentamisen terveysvaikutukset, case Tuupalan puukoulu?



Puuakatemia 7.4.2022

Tutkimuspäällikkö Pekka Kilpeläinen,  
Mittaustekniikan yksikkö, Kajaanin yliopistokeskus,  
Oulun yliopisto



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



# Puumateriaalin vaikutus stressiin?

## Todennetut vaikutukset:

- Lyhytaikaisessa oleskelussa stressitason lasku: eri tutkimuksissa pulssi laskee, verenpaine laskee, sydämenlyöntien vaihteluväli kertoo alentuneesta stressistä, yhdessä tutkimuksessa myös syljen kortisolia käytetty merkkiaineena -> laskee puuympäristössä

## Millä selitettäisiin – ei selvää ?

- VOC-yhdisteiden vaikutus, ristiriitaista tietoa
- Antimikrobiallisuus, laboratorio-oloissa
- Lampötilan ja kosteuden tasaaminen ?
- Puun miellyttävyys, ulkonäkö, lämmin kosketettaessa
- Psykologiset vaikutukset ?

## Ihmisillä on Suomessa – ja myös muualla – puurakentamisesta myönteinen mielikuva:

- Puurakennuksia pidetään miellyttävänä, puupintoja kauniina ja moni mieltää puurakennuksen myös terveelliseksi ainakin sisäilman suhteen
- Tutkimusta terveys/hyvinvointivaikutuksista on tehty suhteellisen pienillä ihmisryhmillä ja on seurattu lyhytaikaisen oleskelun vaikutuksia kontrolloiduissa oloissa.
- Ainoa löytämämme pidempiaikaista seurantaan tehnyt koulututkimus on Itävallasta, siinä tutkittavien ryhmien koko oli 18 oppilasta.
- He havaitsivat, että puuluokassa stressi aleni kouluvuoden aikana verrokkikouluun nähden, opettajan kohtaamisen aiheuttama stressi aleni myös, stressi laskee nopeammin stressaavan tilanteen jälkeen kuin muualla -> mutta tutkittavat ryhmät olivat pieniä



## Kuhmon Tuupalan puukoulu



### Rakennustiedot:

- Rakentamisvuodet 2016-18, käyttöönotto helmikuu 2018
- Arkkitehtitoimisto Karsikas Oy, Alt Arkkitehdit, Suunnittelu Laukka Oy, Rakennusliike Kuoma Oy
- **Rakennustöihin tutustujia 1700** kuudesta eri maasta, valmiiseen kouluun > 1500 vierailijaa
- Pohjois-Suomen **paras rakennusteko** 2017
- Vuoden 2018 valtakunnallinen **Puupalkinto**
- Yli 300 koululaista ja noin 60 esikoululaista
  
- **Ensimmäinen massiivipuurakenteinen koulu**, CLT elementit, liimapuutekniikka
- CLT-elementit ensimmäistä kertaa koulussa ja toista kertaa julkisessa rakentamisessa
- CLT-elementit jätetty näkyviin suurimmassa osassa sisäseiniä, pinnassa on vain vahauskäsittely.
- Pinta-ala 5500 m<sup>2</sup>
- Rakennettu huputettuna



# Mitä on mitattu?



## Fysikaaliset ominaisuudet

- Kosteus, lämpötila, melu, pienhiukkaset

## Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

- Standardimenetelmä, pidennetty keräysaika
- Myös sensorilla, samoin CO<sub>2</sub>

## Mikrobiallinen puhtaus

- Sisäilma & pinnat

## Stressi

- Sylkinäytteet, älysormus

Tutkimus toteutettiin vuoden 2020 aikana, jatkuvatoiminen sensoriseuranta helmikuusta marraskuuhun ja sisäilma & sylkinäytteiden kerääminen tiettyinä ajankohtina tuona aikana



# Koulujen jatkuvatoimiset olosuhdemittaukset



## Mittauskohteet:

- Kuhmon Tuupalan puukoulu (alakoulu) 3 opetustilaa + ryhmätila, vv. 2018
- Kuhmon yläkoulu, 4 opetustilaa, vv. 1956
- Vaalan yhtenäiskoulu, 4 opetustilaa, vv. 2012

## Mittauspalvelun toimittaja: MeshWorks Wireless Oy

### Mitattavat suureet (sisäyksikkö):

- Lämpötila
- Suhteellinen ilman kosteus
- Hiilidioksidipitoisuus
- Ilmanpaine-ero ulkotilaan nähden
- Haihtuvat orgaaniset yhdisteet TVOC
- Pienhiukkaspitoisuus
- Äänenvoimakkuus (tehostettu mittaus lokakuussa 2020)
- Valoisuus (tehostettu mittaus lokakuussa 2020)



### Mitattavat suureet (ulkoyksikkö):

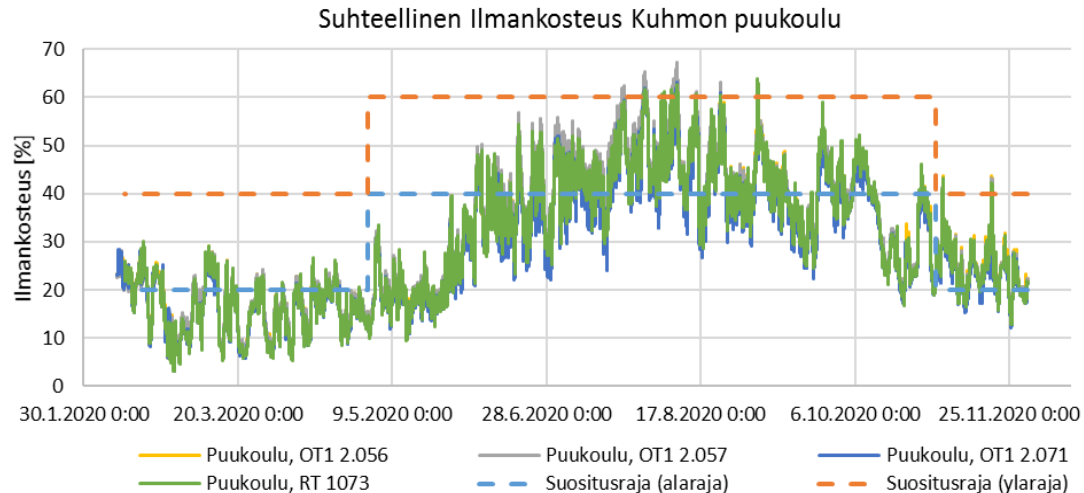
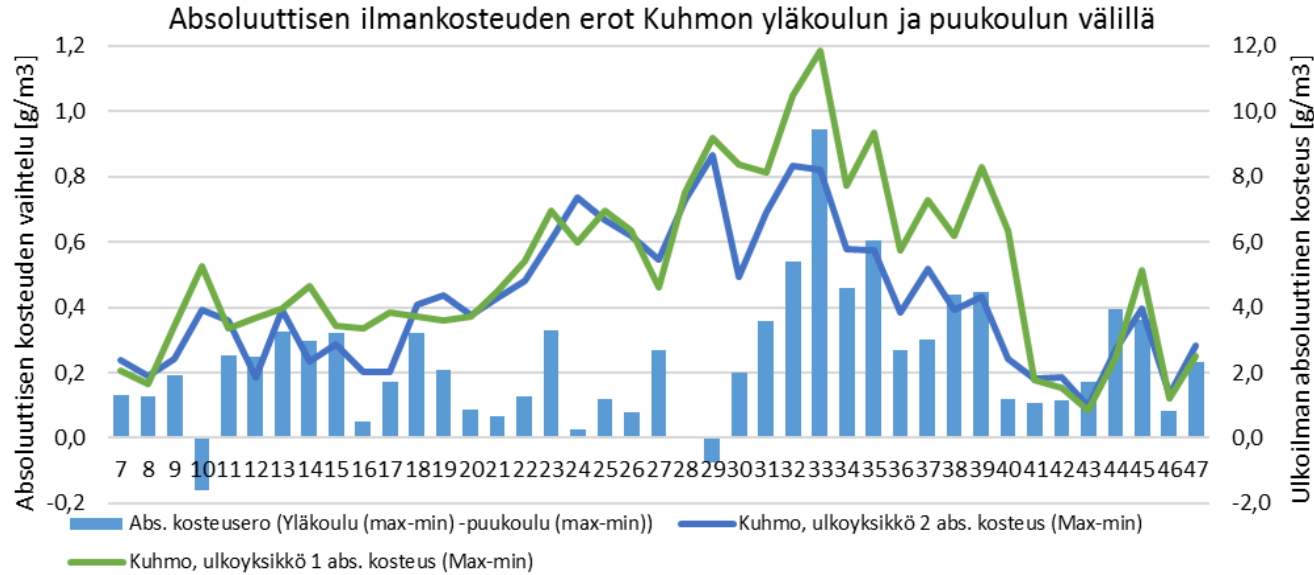
- Lämpötila, suhteellinen ilman kosteus ja absoluuttinen paine

### Mittausjakso: 4.2-31.11.2020

- Datamäärä n.18,5 milj. mittausarvoa (5 min mittausväli)



## Ilman kosteuden seuranta



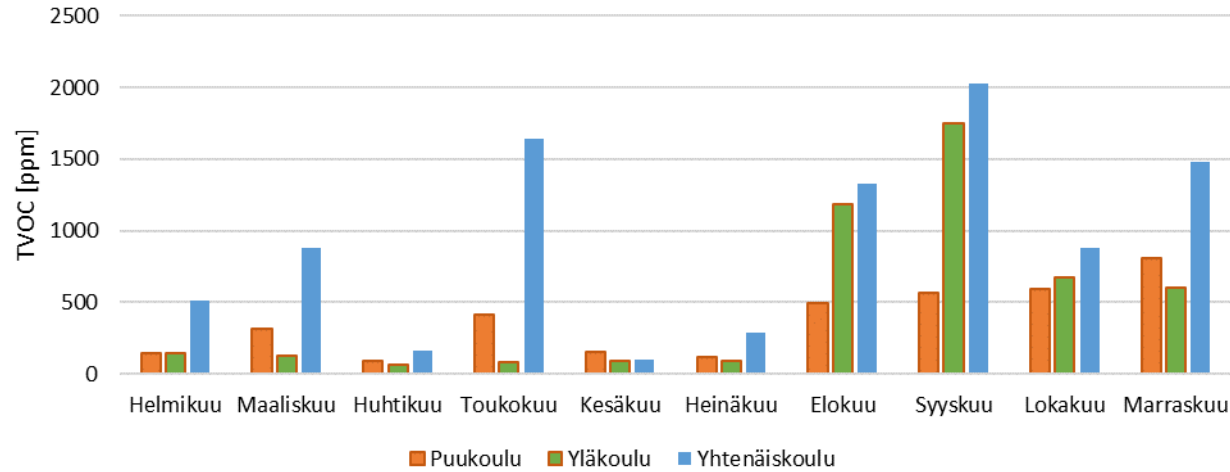
## Ilman kosteuden vaihtelu on pienempää puukoulussa kuin viereisessä yläkoulussa

- Ero vuorokausittaisessa vaihteluvälissä muutamia gramman kymmenyksiä ilmakestetriessä, mikä vastaa huoneenlämmössä noin yhden – kahden prosenttiyksikön eroa suhteellisessa ilman kosteudessa
- Pylväät ovat viikonloppuja (la-su)
- Puukoulun ja yläkoulun ilmanvaihdon teho on sama, mutta lämmöntalteenotto puukoulussa on pyöriväkennoinen ja yläkoulussa erillisissä tulo- ja poistokanavissa olevien kennojen avulla, joissa ja joiden välillä kiertää glykolineste
- Pyörivän kennon carry over –ilmiö tuo ulosmeno ilmasta 2-4 % takaisin sisälle
- Puuseinät – joissa on vain vahauskäsittely – saattavat tasata kosteutta ja osa pienemmästä vaihtelusta puukoulussa voi selittyä tällä

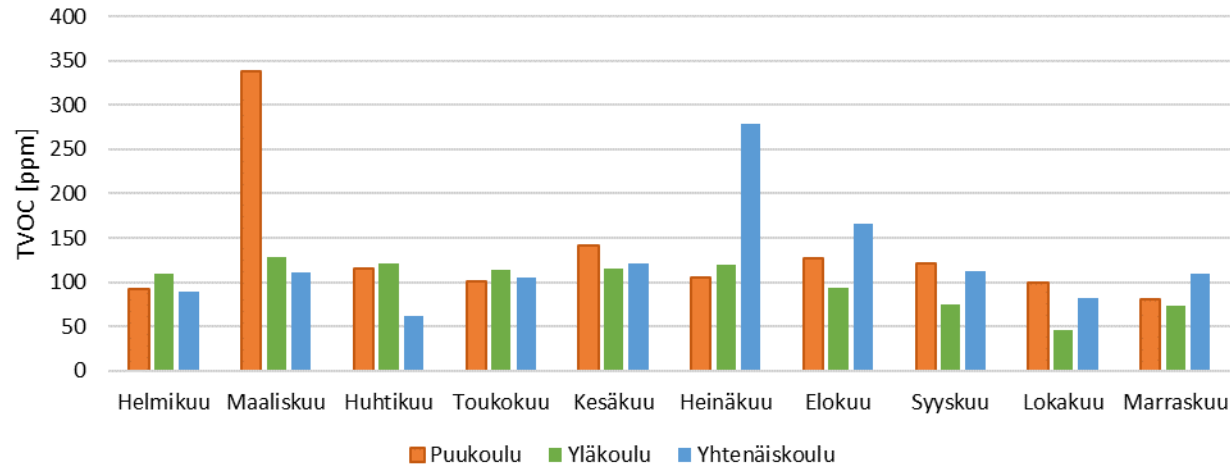


## VOC-kokonaispitoisuus

TVOC-pitoisuuden kuukausikeskiarvot (ma - pe, klo 9...13)



TVOC-pitoisuuden kuukausikeskiarvot (klo 22...06)



### Korkeimmat VOC-pitoisuudet koulupäivän aikana ovat seurausta ihmisten toiminnasta

- Syksyllä erityisesti käsien desinfektio-aineiden käyttö
- Korjaustoimenpiteet, liimat



# Tehostettu mittausjakso lokakuussa 2020 - äänenvoimakkuus

Kuhmon puukoulu 2071 (P3)	klo 9-13	klo 9-13 ja valoisuus >50 cd/m <sup>2</sup>	klo 22-06
Äänenvoimakkuuden keskiarvo	47,9 dB	51,0 dB	30,6 dB
Keskiäänitaso (tehollinen keskiarvo)	56,1 dB	57,1 dB	30,6 dB
Maksimi	65 dB	65 dB	31 dB
Minimi	31 dB	32 dB	30 dB
Mittaustulosten määrä (5 min välein)	56 h	42,4 h	206 h

Vaalan yhtenäiskoulu 1430 (P6)	klo 9-13	klo 9-13 ja valoisuus >50 cd/m <sup>2</sup>	klo 22-06
Äänenvoimakkuuden keskiarvo	52,9 dB	53,2 dB	31,7 dB
Keskiäänitaso (tehollinen keskiarvo)	57,1 dB	57,2 dB	32 dB
Maksimi	65 dB	65 dB	36 dB
Minimi	35 dB	32 dB	31 dB
Mittaustulosten määrä (5 min välein)	52 h	49 h	202 h

## Äänenvoimakkuus:

- Äänenvoimakkuus 5 dB alempi Kuhmon puukoulussa
- Jos huomioidaan valoisuus, niin ero noin 2 dB
- Vaalan osalta yöaikainen äänitaso suurempi, joka johtuu ilmanvaihdon aikaisemmasta käynnistymisestä puoliteholta normaaliteholle (käynnistyy klo 4)

## Opetustilojen eroavaisuuksia:

- Oppilaiden ja opettajien äänenvoimakkuus (vertailussa mukana yksi opetustila/koulu)
- Oppilasmäärät ja iät
- Lattiamateriaali
- Katon akustiikka
- Seinärakenteet
- Kaluste-erot







# Koululaisten stressi



## Syljen kortisolipitoisuuksien seuranta

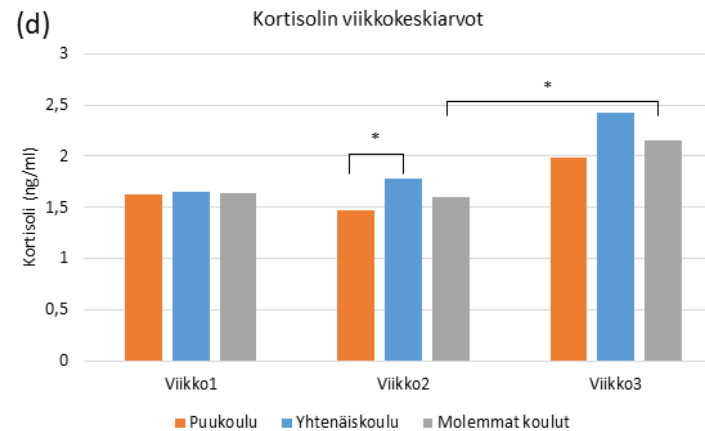
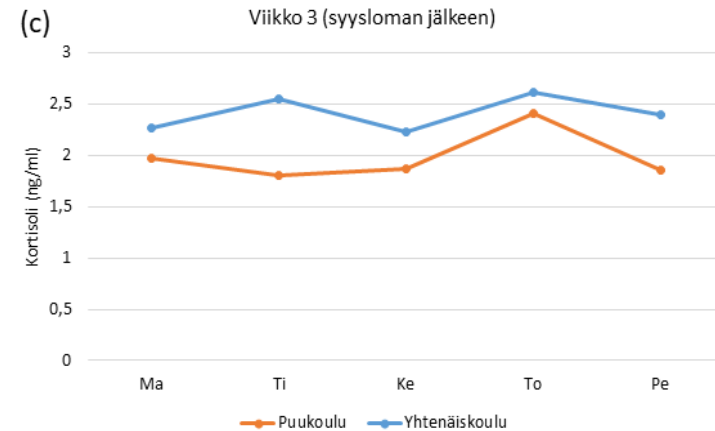
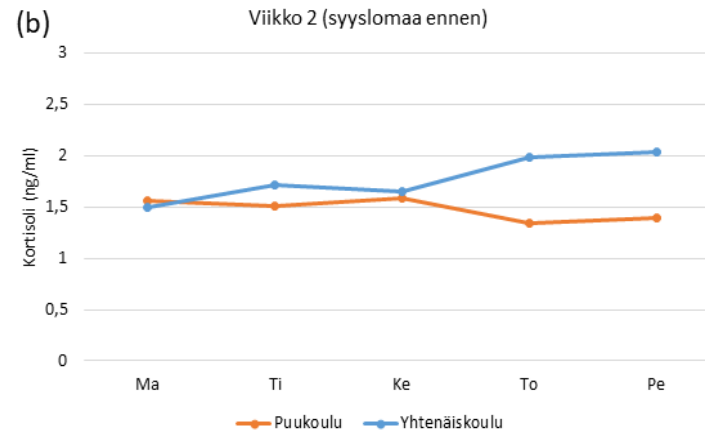
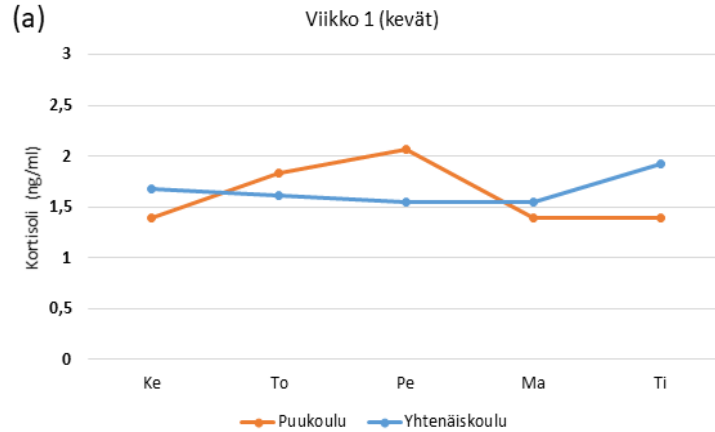
- Eettinen lausunto Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin eettiseltä toimikunnalta
- Lääketieteellisenä asiantuntijana Itä-Suomen yliopistosta lastentautien professori Marjo Renko
- Sylkinäytteitä kerättiin yhdellä viikolla helmikuussa ja kahdella lokakuussa, toinen ennen syyslomaa, toinen jälkeen
- Sylkinäytteitä kerättiin kaikkiaan noin 1300 kpl
- Osallistujien lukumäärä Kuhmossa 52 ja Vaalassa 37
- Kuhmossa 4. (syksy 2020 5.) luokkalaisia
- Vaalassa 3.- 5. luokkalaisia

## Mikä oli samanlaista ja vakioitavissa Tuupalassa ja Vaalassa, mikä mahdollisesti ei?

- Miten pyrittiin pienentämään tilastollisten sattumuksien mahdollisuutta?



# Stressihormoni kortisoli

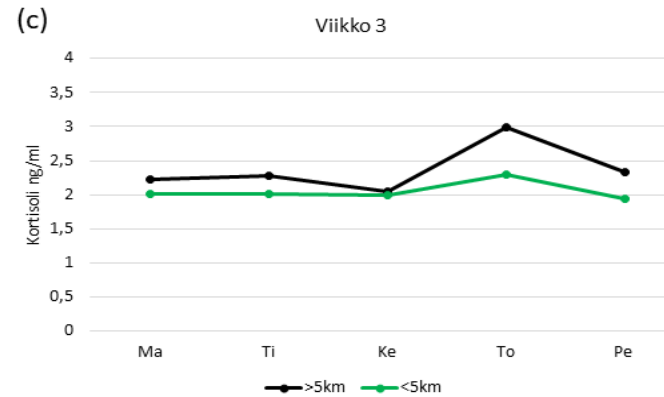
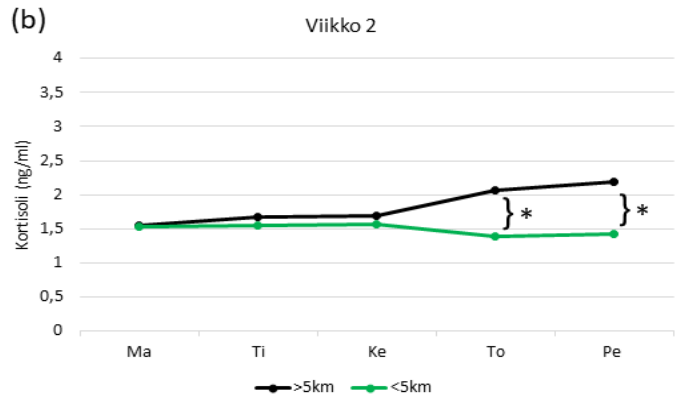
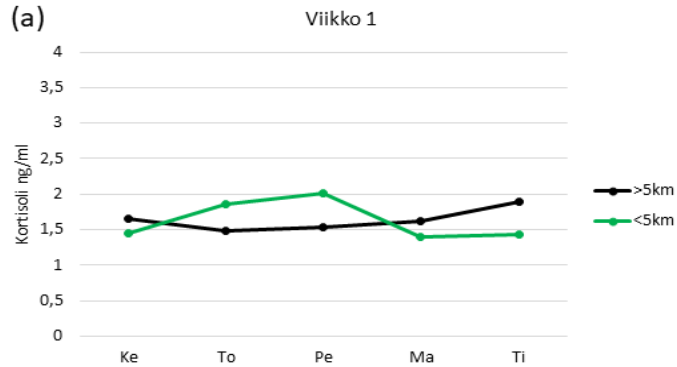


## Koulujen välillä tilastollisesti merkittävä ero syyslomaa edeltävänä viikkona

- Huom. ensimmäinen viikko on keskiviikosta tiistaihin
- Puukoulussa korkeita yksittäisiä kortisoliarvoja 1. viikon torstaina ja perjantaina (tutkimuksen kaikkein korkeimmat)
- Tilastollisen merkittävyyden antanut syyslomaa edeltävä viikko oli sellainen, jolloin oli vähiten hajontaa arvojen välillä = vähemmän kortisolihuippuja aiheuttaneita stressiärsykeitä
- Mielenkiintoista, että kortisolin keskiarvot ovat kaikkein korkeimmat syysloman jälkeisenä viikkona
- Ero syyslomaa edeltäneeseen viikkoon on tilastollisesti merkittävä



# Koulumatkan pituuden vaikutus stressiin



## Tilastollisesti merkittävä ero syyslomaa edeltävänä kahtena päivänä

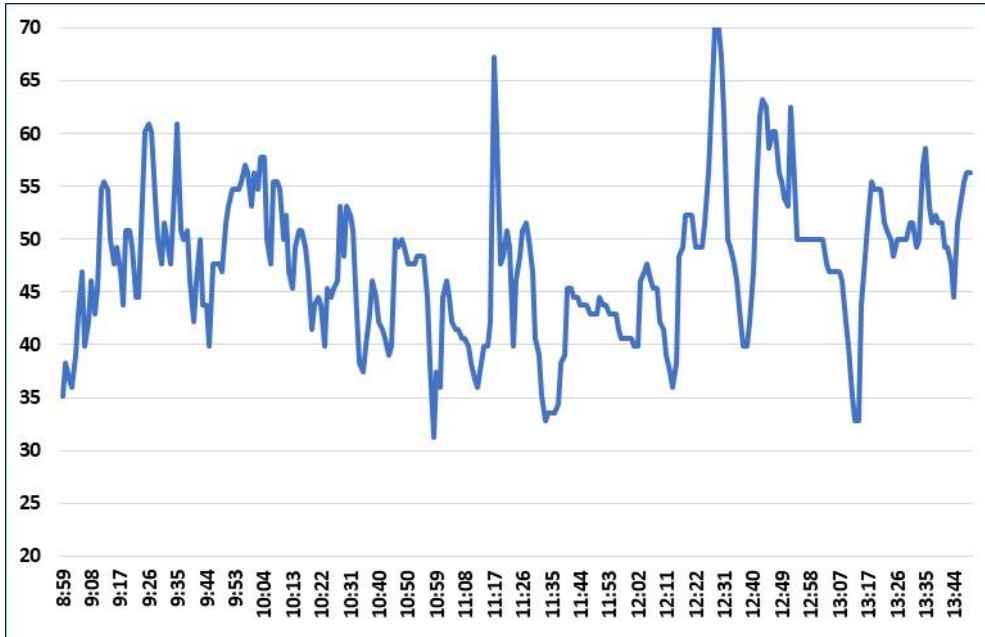
- Vertailtu yksittäisten päivien ero ja kokonaisten viikkojen ero
- Pidempimatkalaisten kortisoliarvot olivat toisen ja kolmannen viikon lopussa korkeampia kuin alkuvuikosta
- Syyslomaa edeltäneenä kahtena päivänä pidempimatkalaisten ero lyhempi-matkalaisiin tilastollisesti merkittävä

## Viikkojen eroista

- syyslomaa edeltävänä viikkona vaikuttaisi olleen vähiten "stressipiikkejä" aiheuttaneita ulkoisia tapahtumia
- Hajontaa vähemmän, tilastollinen merkittävyys saavutettavissa, mutta onko myös niin, että tuollaisena viikkona stressitaso määräytyy eniten perusympäristön ja -tapahtumien mukaan.



# Älysormusseuranta



## Väline

- Moodmetric-sormus, suomalainen tuote
- Mittaa ihon sähkönjohtavuuden muutoksia
- Laskee tunnusluvun, kalibrointi ensimmäisen yön yli -> henkilöiden tulokset pitäisi olla vertailtavissa

## Toteutus

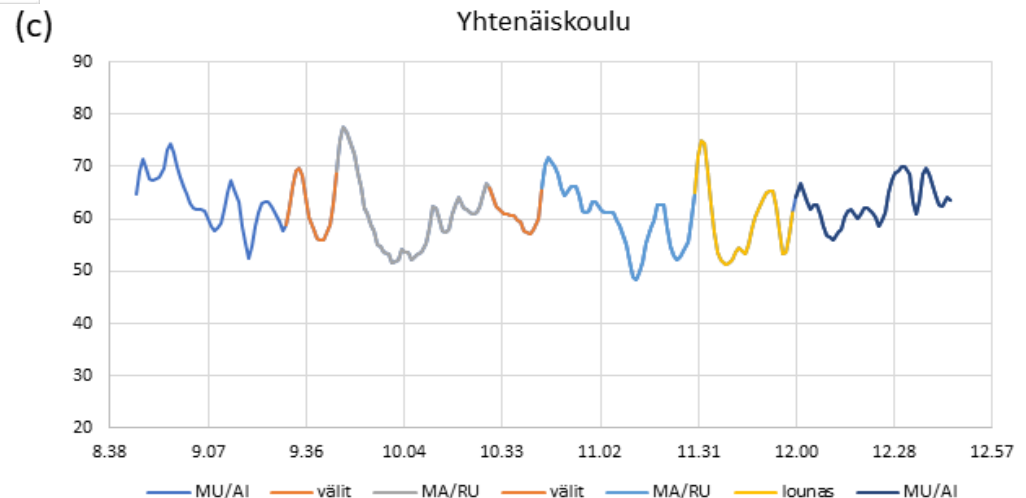
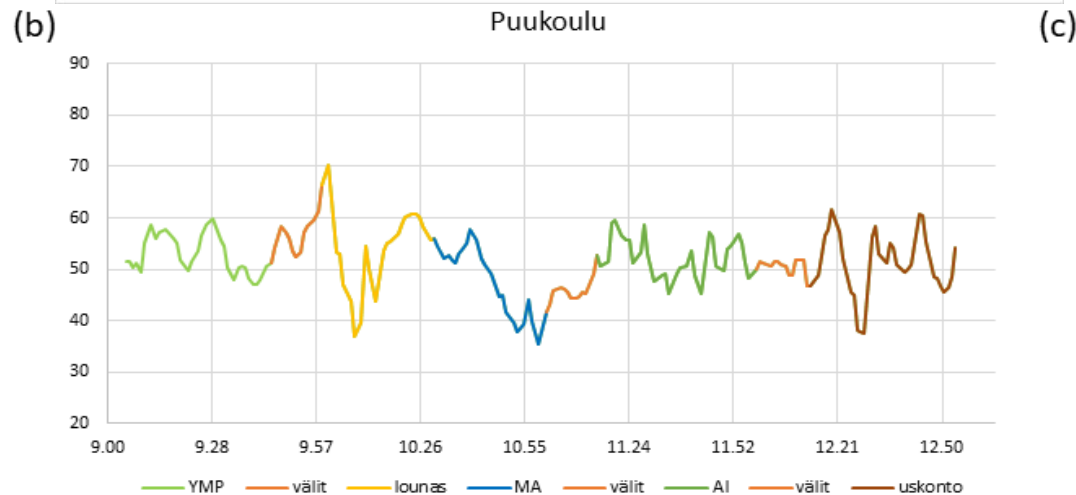
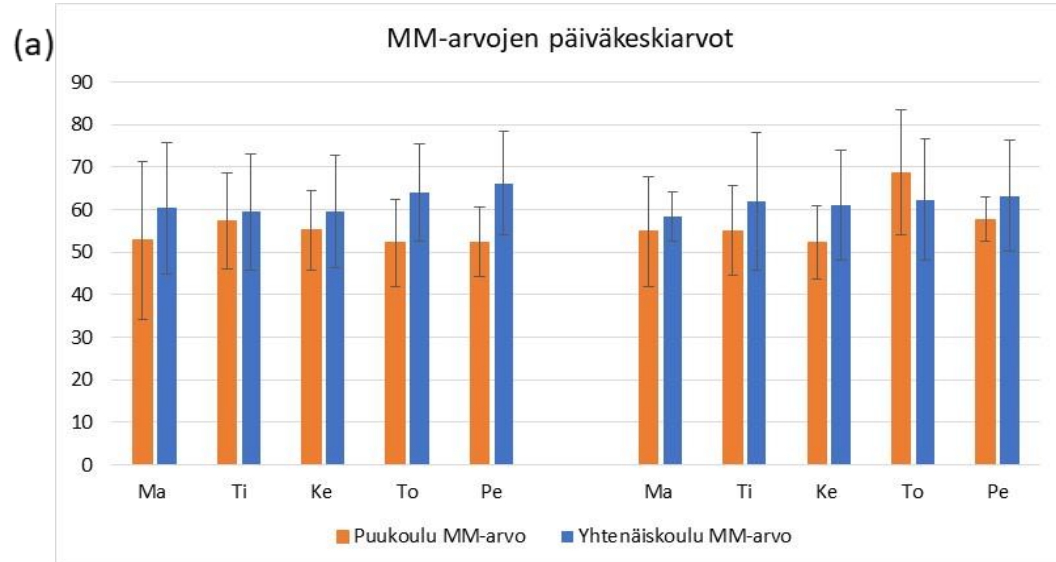
- Älysormusseurantaan rekrytoitu yhdeltä luokalta sekä Tuupalassa että Vaalassa 13 koululaista -> kattava data saatu 9:ltä ja 12:lta.
- Kuhmossa 5. ja Vaalassa 6. luokkalaisia
- Mittaus vain koulupäivän aikana
- Halutaan katsoa virittyneisyyden muutoksia koulupäivän aikana, viikon aikana ja eri oppitunteina
- Onko kouluympäristössä vaikutusta palautumiseen?



# Älysormusseuranta

## Tilastollisesti suuntaa antava ero koulujen välillä syyslomaa edeltävällä viikolla

- Toisen viikon torstai ja perjantai: Kuhmosta vain vähän dataa
- Vertailu myös "stressirajan" yli menevän ajan ja rentouttavan rajan alle menevän ajan osuuksia

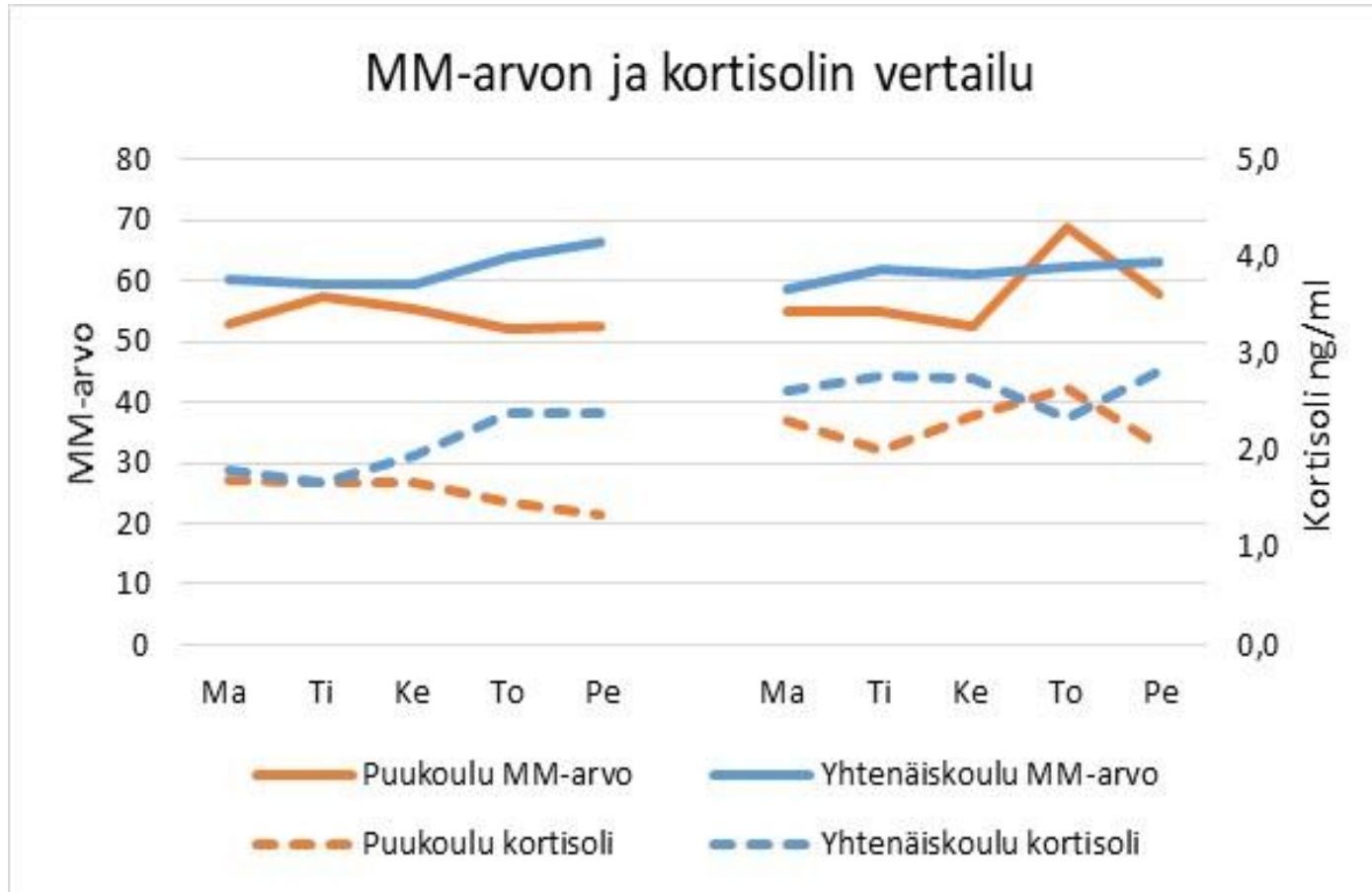




## Älysormustulosten ja kortisolimittauksien vertaaminen toisiinsa

**Kaksi eri stressin seurantatapaa antoivat hyvin samankaltaisen tuloksen**

- Toisen viikon torstai- ja perjantai: Kuhmosta vain vähän dataa
- Menetelmien vertailemisen kannalta silti pienelläkin henkilömäärällä kortisolin ja älysormuksen käyttäytyminen yhtäläistä





## Kertaus – pääviesti



- Yhdellä kolmesta tutkimusviikosta puukoulun ja vertailukoulun oppilaiden stressissä oli selvä ero: stressihormoni kortisolin mittaus-tuloksissa ero oli tilastollisesti merkittävä, älysormusseurannassa suuntaa antava
- Ero saattaa selittyä oppimisympäristöllä, mutta tätä emme tiedä varmasti
- Aika myöten vastaavanlaisia seurantoja tulee lisää ja jos ne antavat useimmiten samansuuntaisia tuloksia, muotoutuu tieteelliseksi totuudeksi, että puurakennus vaikuttaa stressiä alentavasti pitkäaikaisessakin oleskelussa
- Tuupala on myös hiljainen työskentely-ympäristö ja sen puurakenteet tasaavat sisäilman kosteuden vaihtelua



## ERA-Net Forest Value –hanke WOODforHEALTH

### ERA-NET Cofund Action ‘ForestValue – Innovating forest-based bioeconomy’

- *promotes increased innovation and competitiveness of the forest-based sector in Europe and support its transformation from a resource-intensive to a knowledge-intensive, productive, resource-efficient and resilient sector*
- 20 partnerimaata
- 30 rahoittajaorganisaatiota

### Joint call 2021 –haku:

- 60 hakemusta jätettiin hakuun, niistä 47 muodollisesti kelpaavia rahoitettavaksi, 44 arviointiin lopulta tieteellisesti ja niistä 8 (18 % arvioiduista) ehdotetaan rahoitettavaksi

### Hakemuksemme ehdotettu rahoitettavaksi Joint call 2021 –haussa

- Hankeaika 1.1.2022 – 31.12.2024

### Konsortio

- Koordinaattori Oulun yliopisto, Mittaustekniikan yksikkö + pieni osuus: Biocenter Oulun viruslaboratorio
- Norwegian Institute of Wood Technology
- The Fraunhofer Institute for Wood Research
- Latvian State Institute of Wood Chemistry
- White Arkitekter (arkkitehtimaailman abba...)
- 2 latvialaista yritystä

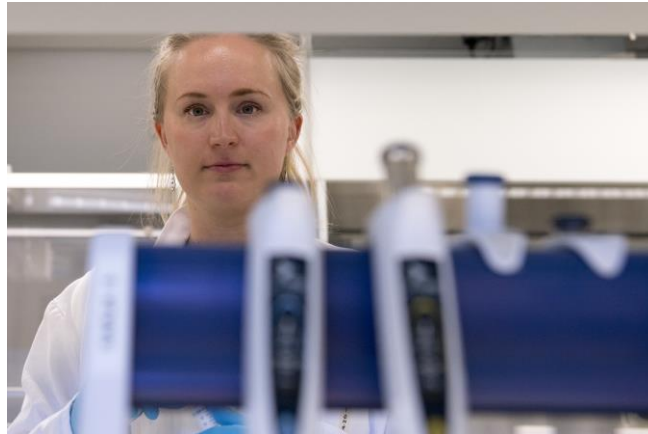
### Mitä hankkeessa tehdään

- Edistetään puupintojen käyttöä sairaalarakentamisessa
- Kehitetään puhdistettava ja hengittävä pinnoite
- Kasataan eurooppalainen ohjeistus puun käytöstä terveydenhoidon tiloissa
- Meidän päärooli mikrobiologisen puhtauden tutkimuksessa





# Hankehenkilöstö



Mukana on myös projekti-insinöörejä ja laborantteja käytännön osuuksia tekemässä !

## Professori Vesa Virtanen

- Vastuullinen johtaja

## Tutkimuspäällikkö Pekka Kilpeläinen

- MITY:n osuuden projektipäällikkö, yleinen suunnittelu, yhteyshenkilö ”ulkomaailmaan” päin, tiedottaminen ja raportointi
- [pekka.t.kilpelainen@oulu.fi](mailto:pekka.t.kilpelainen@oulu.fi), 0294 488 111

## Laboratorioinsinööri Veijo Sutinen

- Sensoritöiden suunnittelu, niiden toteutuksen valvonta, työnjohto ja raportointi
- [veijo.sutinen@oulu.fi](mailto:veijo.sutinen@oulu.fi), 0294 488 364

## Projektitutkija Elina Jokinen

- Fysiologisten mittauksien ja poissaoloseurannan käytännön suunnittelu & järjestely, käytännön toteutus osin itse ja osin työn ohjaajana, raportointi