



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

Sensorteknologian hyödyntäminen tekniikkavalmennuksen tukena – case melonta

Väitöskirjatutkija Antti Löppönen, LitM, TtM, ft., insinööri (AMK)

Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän Yliopisto

Physical Activity, Sports and Health Research Group, KU Leuven, Belgium

Science Meets Practice Tampere 7.10.2021

Inertiamittausyksiköllä mitattujen melan vedon keskeisten muuttujien vaikutus kajakin kulkunopeuteen

The effect of paddle stroke variables
measured by Traineseense SmartPaddle® on
the speed of the kayak. 2020 Löppönen, A.,
Vänttinen, T., Haverinen, M. & Linnamo V.
(final preparation).

Näkökulma on biomekaaninen

INERTIAMITTAUSYKSIKÖLLÄ MITATTUJEN MELAN VEDON KESKEISTEN
MUUTTUJIEN VAIKUTUS KAJAKIN KULKUNOPEUTEEN

Antti Löppönen

Biomekaniikan pro gradu -tutkielma
Liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
Syksy 2020
Ohjaajat: Vesa Linnamo ja Tomi Vänttinen



Alustusta

- Inertiamittausyksikkö (Inertial Measurement Unit, IMU) (Adesida ym. 2019)
 - Hinnat tulleet alas todella voimakkaasti (Passaro ym. 2017)
 - Koko on pienentynyt (MEMS, microelectromechanical systems) (Passaro ym. 2017)
 - Anturifuusion mahdollisuudet (Razavian ym. 2018)
 - Catapult, NGIMU, JOHAN Sports Tracking
- GPS – moduulit
 - Sama trendi havaittavissa kuin IMU:ssa (koko, hinta, anturifuusio)
 - Stats Sports, Sonda Sports, Catapult
- Tutkimustieto lisääntyy (julkaisuja mm. MDPI Sensors, Journal of Biomechanics)
 - Uusia muuttujia ja algoritmeja (Playerload)

Adesida ym. 2019. Exploring the Role of Wearable Technology in Sport Kinematics and Kinetics: A Systematic Review. Sensors 19.

Passaro ym. 2017. Gyroscope technology and applications: A review in the industrial perspective. Sensors 17.

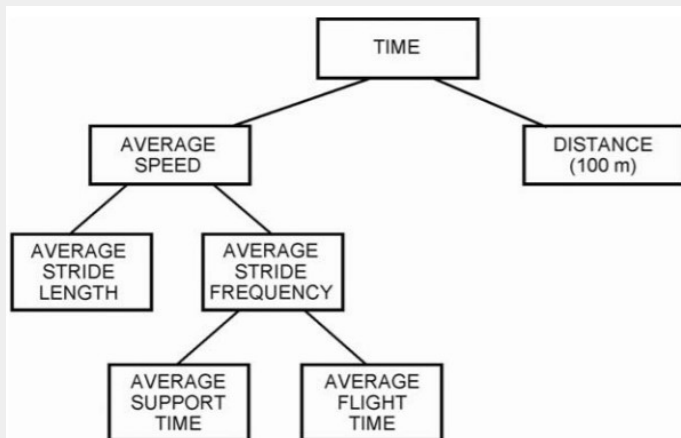
Razavian ym. 2018. Biomechanics imaging and analysis. Encyclopedia of Biomedical Engineering, 1–3, 488–500.



Kaksi näkökulmaa

Käyttää sensoriteknologiaa tunnistamaan suorituksen kannalta keskeisiä **uusia** muuttujia mm.:

- Liikkeiden suuntaa
- Välineiden liikkeitä
- Kuormitusta (Playerload)



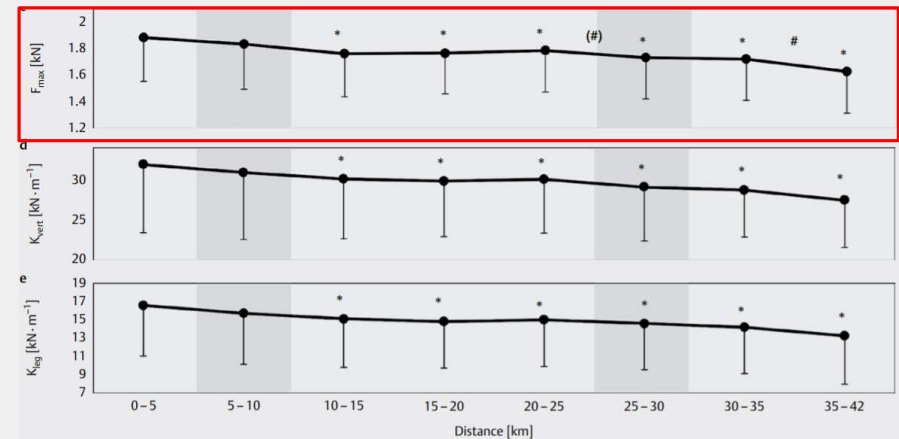
Chow ym. 2011. Sports Biomechanics.

Reliabiliteetti = miten luotettavasti ja toistettavasti mittari mittaa

Validiteetti = mittaa juuri sitä, mitä on tarkoituskin mitata

Käyttää sensoriteknologiaa jotta monitorointi / seuranta / analysointi voidaan siirtää **todellisiin olosuhteisiin** mm.:

- Vesiurheilulajit
- Pitkän matkan lajien seuranta
- (Fyysinen aktiivisuus)



Meyer ym. 2021. International Journal of Sports Medicine.

Tarkkuus & luotettavuus
Mikä on riittävä?



Inertiamittausyksiköllä mitattujen melan vedon keskeisten muuttujien vaikutus kajakin kulkunopeuteen





Tutkimuksen taustaa

- Melonnassa on tehty biomekaanisia mittauksia niin liikeanalyysin kuin suorien voimamittausten avulla.
- Pääasiassa ergometrimelontana laboratorio-olosuhteissa.
- Hyvä käsitys, millaisia biomekaanisia vaatimuksia laji asettaa melojalle ja mitä vaaditaan huippusuoritukseen.
- Lavan liikerataan ja suuntaan liittyviä mittauksia todellisissa olosuhteissa ei ole kuitenkaan juuri tehty.
- **Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuinka Trainesense SmartPaddle -älylättäri kykenee analysoimaan voimantuottoa ja melan liikerataa ja voidaanko analysoitua tietoa hyödyntää käytännön melontavalmennuksessa.**



Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, kuinka uinnissa käytetty Trainesense SmartPaddle kykenee mittaamaan ja analysoimaan melanvedon keskeisiä muuttujia ja millainen yhteys niillä on aluksen nopeuteen.

KYSYMYS I

Validiteetti

Onko inertiamittausyksiköllä mitattujen keskeisten melan vedon muuttujien välillä yhteys anturivarrella mitattuihin muuttujiin?

KYSYMYS II

Validiteetti & Suorituskyky

Miten inertiamittausyksiköllä mitatut keskeiset melanvedon muuttujat, kuten voima, frekvenssi ja voimantuottoaika ovat yhteydessä kajakin kulkunopeuteen?

KYSYMYS III

”Hyödynnettävyys”

Voiko inertiamittausyksikön avulla havaita melontateknisen muutoksen?



Tutkimusasetelma ja menetelmät

- Neljätoista (n = 14) tutkittavaa
- Kaikki tutkittavat olivat yli 18-vuotiaita
- Aktiivisia melonnan harrastajia (vähintään 3 vuotta)
- Kaksi eri protokollaa
 - I. Älylättäri Validiteetti & Suorituskyky "Hyödynnettävyys"
 - II. Älylättäri + anturivarsi Validiteetti
- Kolme eri melontanopeutta ja kaksi eri tekniikkapainotusta
- Mittalaitteina: SmartPaddle, Anturivarsi vahvistimiseen ja laservalokennot (Hyper Laseg Ultra)





Laitteisto

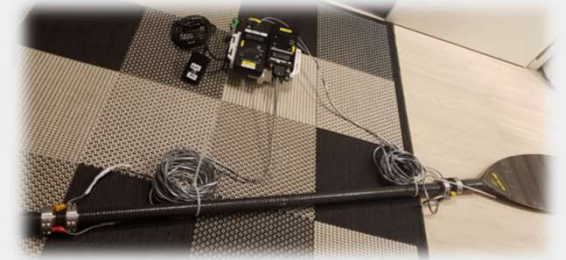
Inertiamittausyksikkö

- Lataus USB-laturilla
- Trainesense SmartPaddle 2 kpl, kiinnitettynä lapoihin
- Bluetooth yhteys matkapuhelimeen
- Trainesense APP



Anturivarsi

- Hiilikuituvarsi jossa venymäliuska-anturit, jotka johdotettu
- Vahvistimet 2 kpl (vasen ja oikea)
- LIIKE-kortti
- Virta akulta

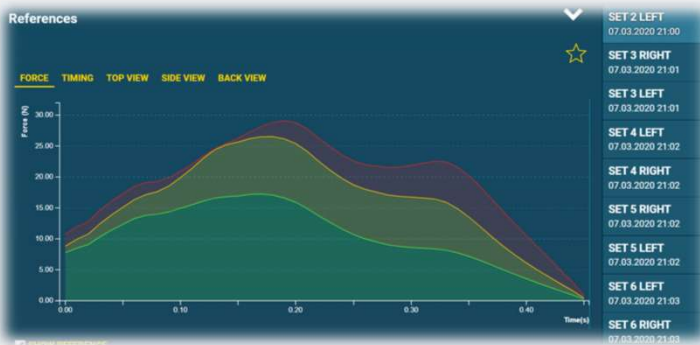




Datan käsittely

Inertiamittausyksikkö

- Siirto Trainesense Analysis Centeristä
- Matlab GUI-skriptillä keskiarvot (mm. voimat, tehot, impulssit, aikamuuttujat, nopeudet)
- Tulosten analysointi SPSS ja R



Anturivarsi

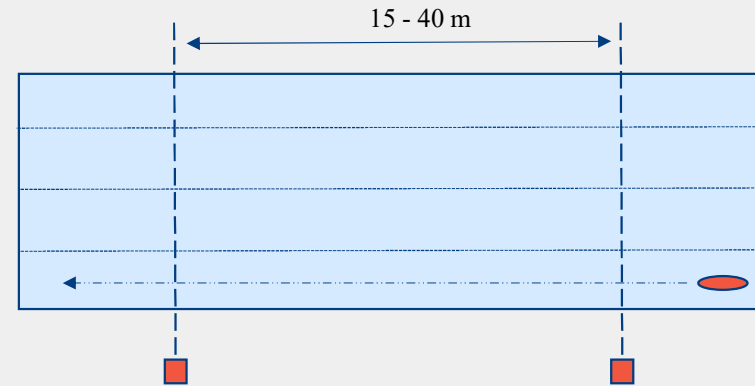
- Kalibrointi ja vahvistuskertoimen määrittäminen
- Matlab skriptillä muuttujat (frekvenssi, voimantuottoaika, ka voima ja max voima)
- Tulosten analysointi SPSS ja R



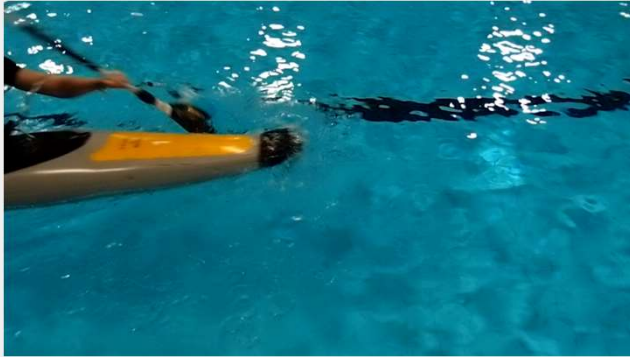


Mittausprotokolla

- Lämmittelyt 5-10 min
- Lämmittelyt vedessä, tutustuminen 5-10 min
- Varsinainen suoritus
 1. 15 tai 40 metriä PK
 2. 15 tai 40 metriä VK
 3. 15 tai 40 metriä MK
 4. 15 tai 40 metriä VK etupainotteinen iskevä
 5. 15 tai 40 metriä VK takapainotteinen viipyvä
- Loppujäähdyttely 5-10 min



kysymys	1 (IMU vs. anturivarsi)	2 (vauhti)	3 (etu vs. taka)
n	6	14	14
datapisteet	36 datapistettä	84 datapistettä	56 datapistettä
muuttujat	maksimivoima [N] keskiarvovoima [N] frekvenssi [1/min] voimantuottoaika [s]	frekvenssi [1/min] voima [N] voima eteen [N] voimantuottoaika [s] impulssi eri suuntiin [%]	vedon pituus [m] voimantuottoaika [s] 'entry' aika [s] impulssi eri suuntiin [%]



PK



VK



MK



TAKA

TAULUKKO 1. Tutkittavien ikä ja antropometriset tiedot.

	Mediaani	IQR
Ikä [vuotta]	33,0	22,5
Pituus [cm]	181,0	7,0
Paino [kg]	78,0	5,6

TAULUKKO 2. Tutkimuksen nopeudet.

	ka [m/s]	kh [m/s]	95% lv	p-arvo ¹
Peruskestävyys (PK)	2,11	0,2	2,03 2,18	p=0,001
Vauhtikestävyys (VK)	2,38	0,1	2,33 2,42	
Maksimikestävyys (MK)	2,68	0,27	2,57 2,79	p=0,001
Etupainotteinen	2,39	0,18	2,32 2,47	p=0,152
Takapainotteinen	2,29	0,15	2,23 2,35	

¹Wilcoxonin merkkitesti, ka = keskiarvo, kh = keskihajonta, lv = luottamusväli



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

KYSYMYS I

Onko inertiamittausyksiköllä mitattujen keskeisten melan vedon muuttujien välillä yhteys anturivarrella mitattuihin muuttujiin?

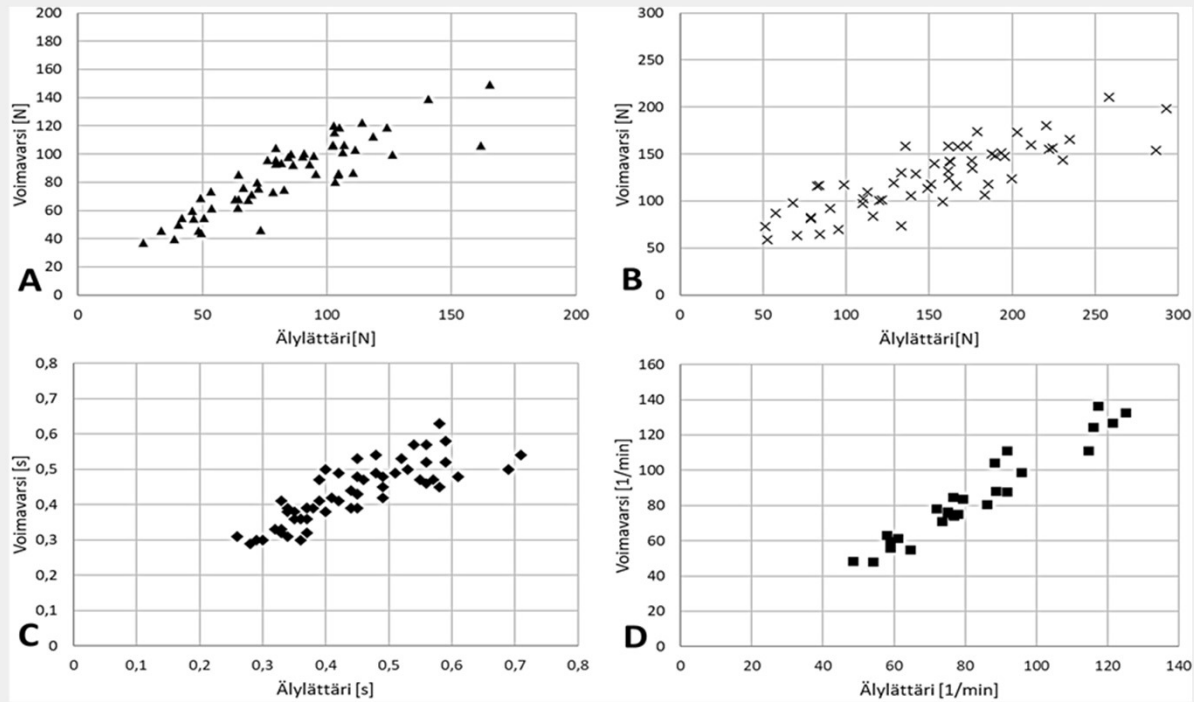
Hypoteesi

Muuttujien välillä on luotettavasti havaittava yhteys, tai yhteys voidaan selittää loogisesti.



Anturivarren ja SmartPaddlen välinen korrelaatio

A = keskiarvo voima, B = maksimivoima, C = voimantuottoaika, D = frekvenssi



TAULUKKO 1. Anturivarren ja SmartPaddlen välinen korrelaatio

muuttuja	Anturivarsi		IMU		r^1
Maksimivoima [N]	125,4	±34,2	152,1	±57,5	,837**
Keskimääräinen voima [N]	85,4	±25,2	83,3	±30,3	,859**
Voimantuottoaika [s]	0,43	±0,08	0,44	±0,10	,877**
Tahti [1/min]	84,8	±25,6	82,3	±21,5	,947**

¹Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin **Korrelaatio on tilastollisesti merkitsevä 0.01 tasolla (2-tailed)



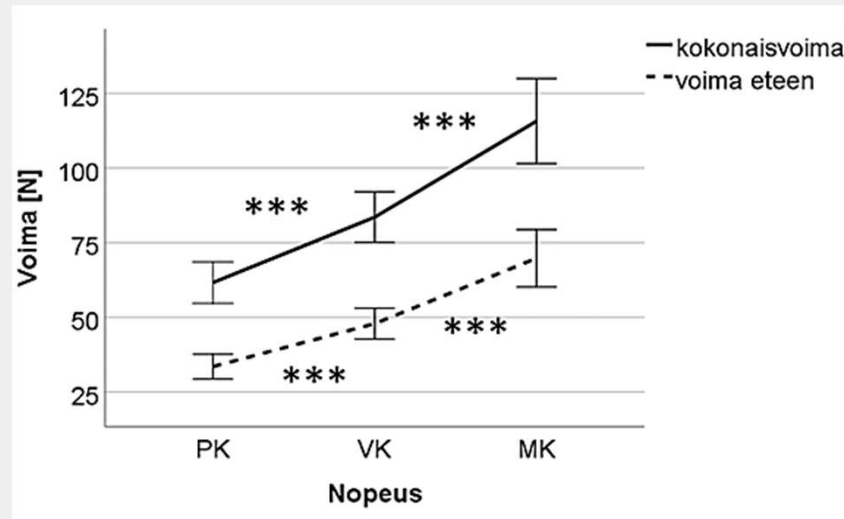
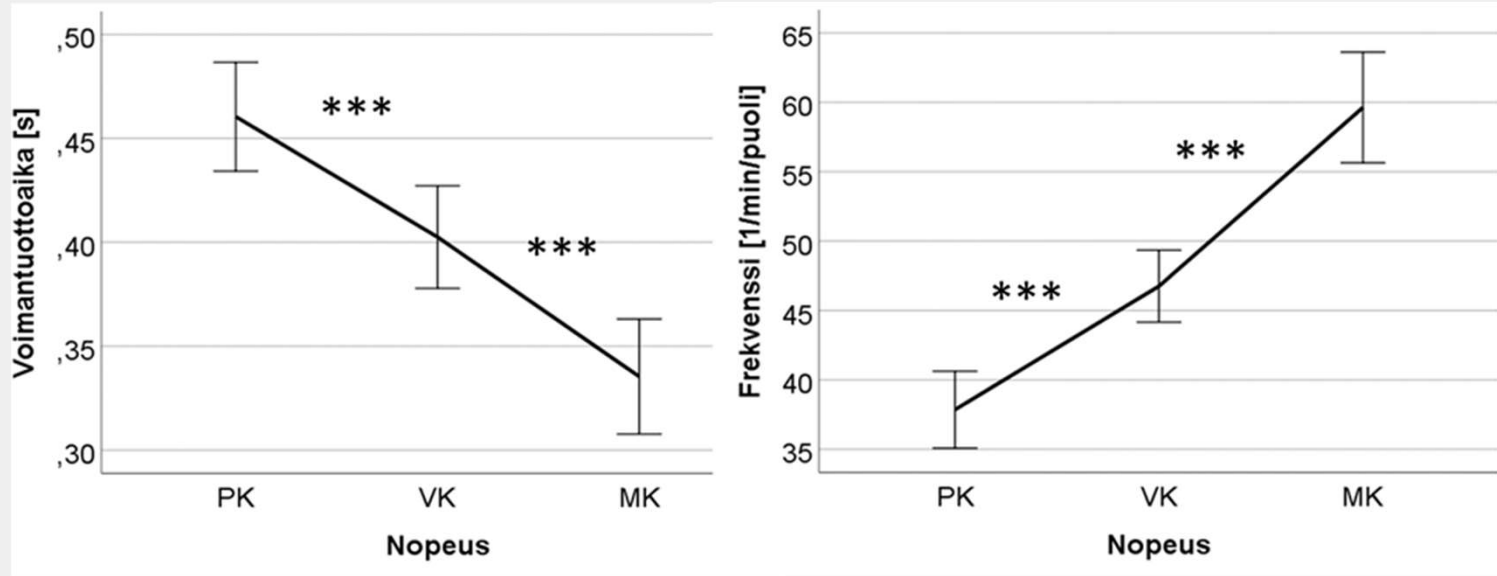
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

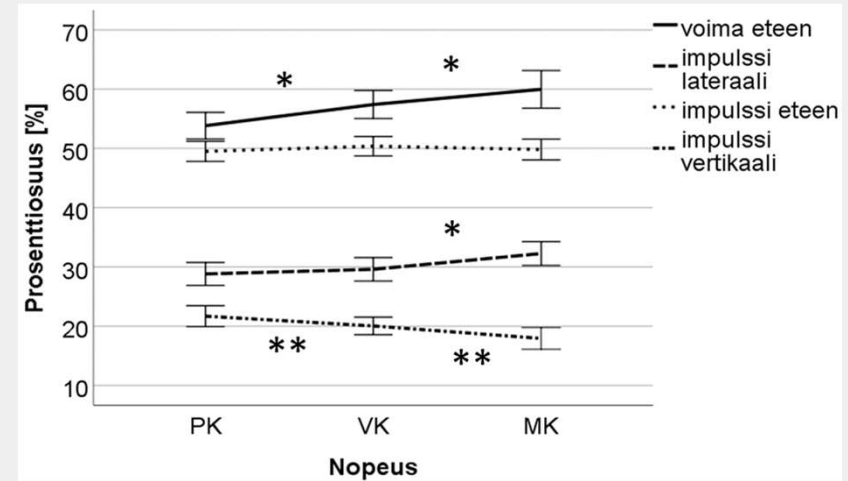
KYSYMYS II

Miten inertiamittausyksiköllä mitatut keskeiset melanvedon muuttujat, kuten voima, frekvenssi ja voimantuottoaika ovat yhteydessä kanootin kulkunopeuteen?

Hypoteesi

Korkeampi voima ja frekvenssi sekä lyhyempi voimantuottoaika tuottavat suuremman kulkunopeuden
(mm. Haverinen 2017; Tornberg et al. 2019)





Keskeisten melan vedon muuttujien korrelaatiokertoimet eri nopeuksilla (n = 14).

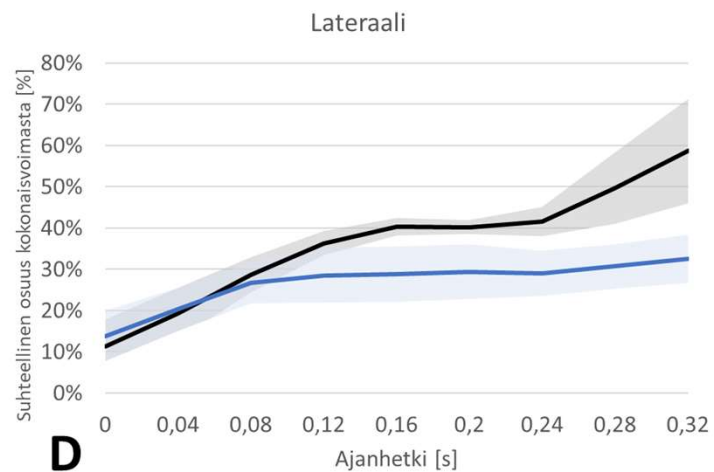
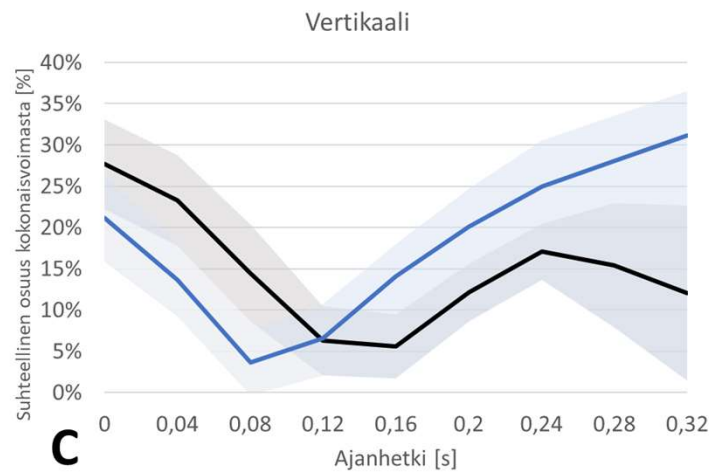
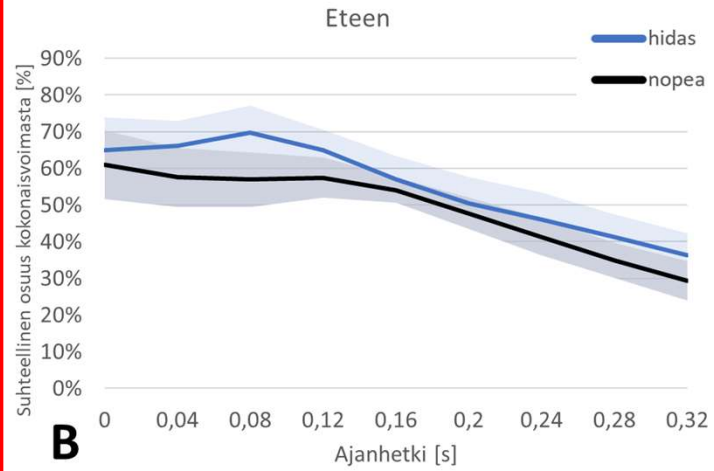
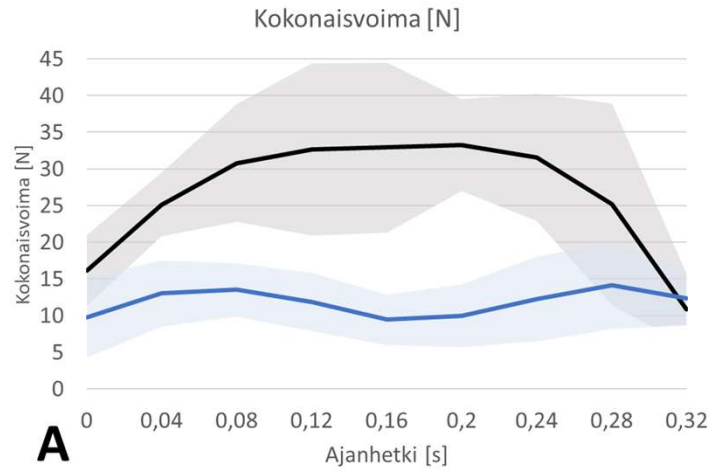
	PK	VK	MK	kaikki
Keskiarvovoima [N]	0.61**	0.47*	0.74***	0.79***
Voimantuottoaika [s]	-0.54*	-0.40*	-0.56**	-0.76***
Frekvenssi [1/min]	0.82***	0.34	0.76***	0.86***
Impulse abs [Ns]	0.43*	0.52*	0.74***	0.70***
Impulse eteen [%]	-0.15	-0.01	-0.18	-0.09
Impulse lateraali [%]	0.48*	0.11	0.58**	0.44***
Impulse vertikaali [%]	-0.14	-0.07	-0.46*	-0.37***

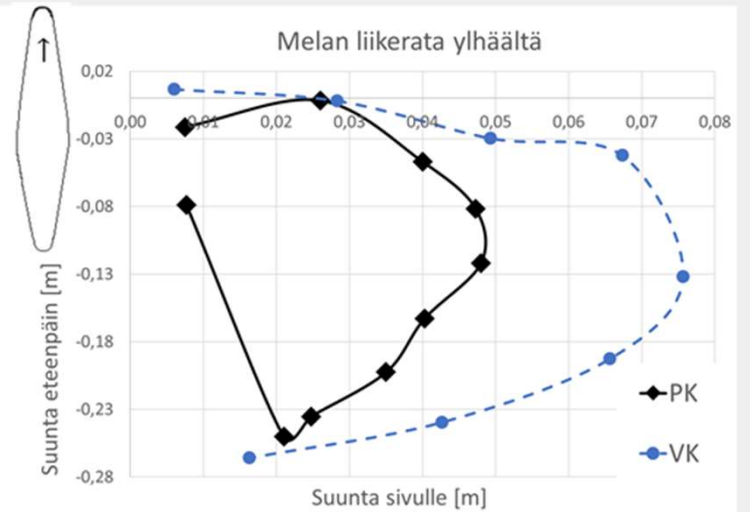
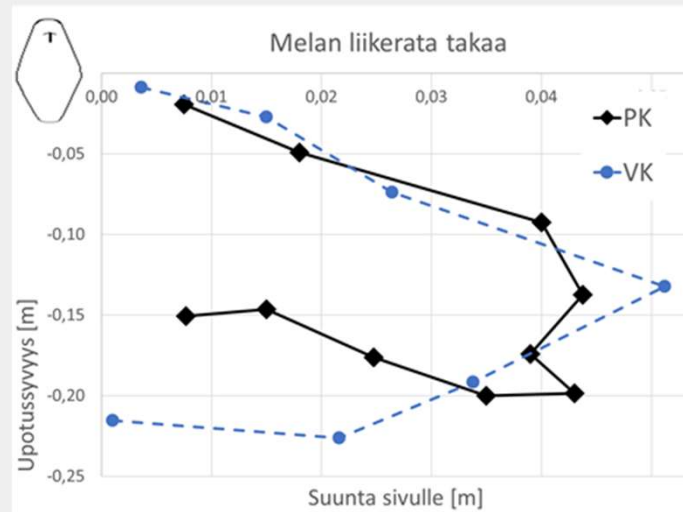
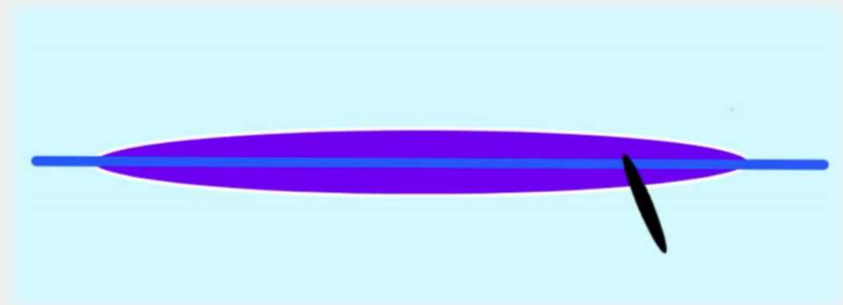
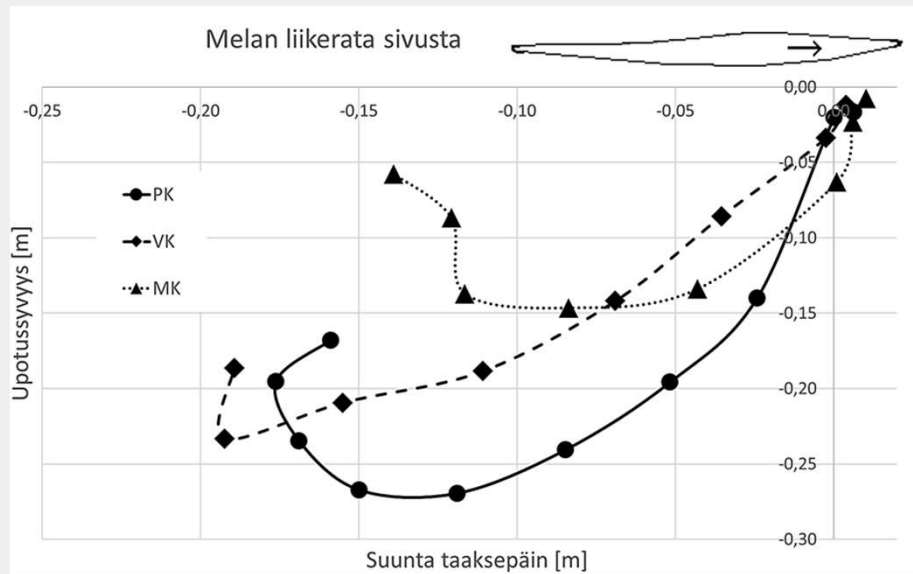
* P < .05, * P < .01, *** P < .001





Melan vedon voimaprofiili (A) ja voimantuoton suhteelliset osuudet etusuuntaan (B), vertikaalisuuntaan (C) ja lateraalisuuntaan (D) nopeiden ja hitaiden melojien välillä (n=5+5 -> 6+6 dataset)







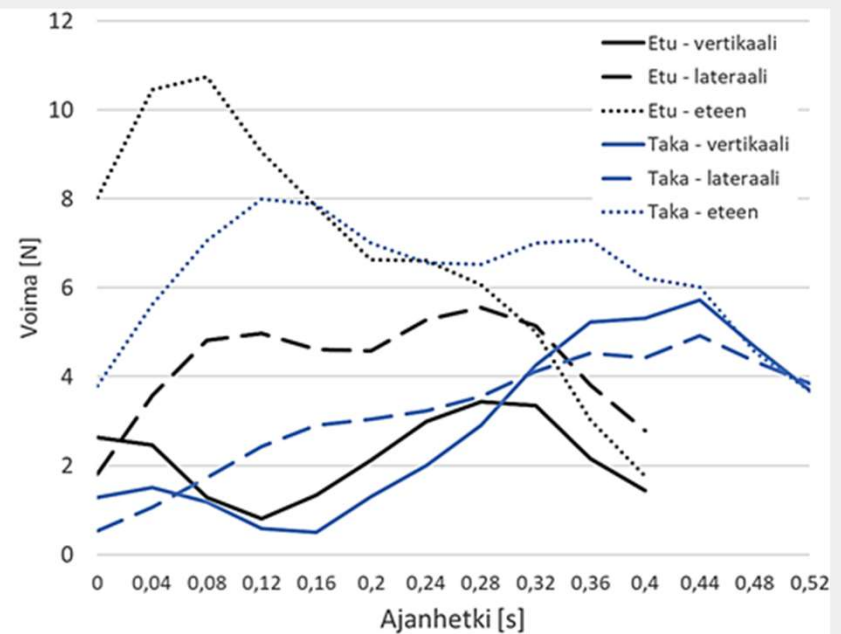
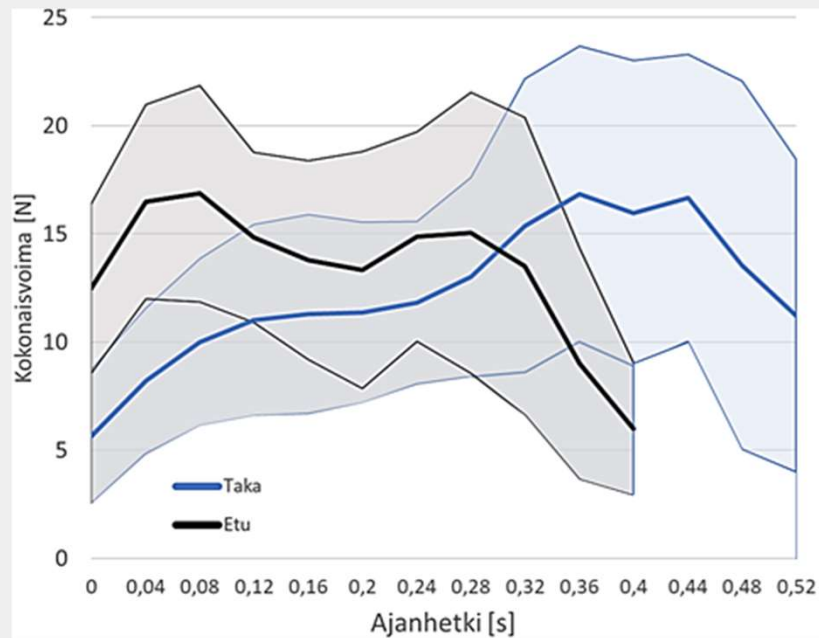
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

KYSYMYS III

Voiko inertiamittausyksikön avulla havaita melontateknisen muutoksen?

Hypoteesi

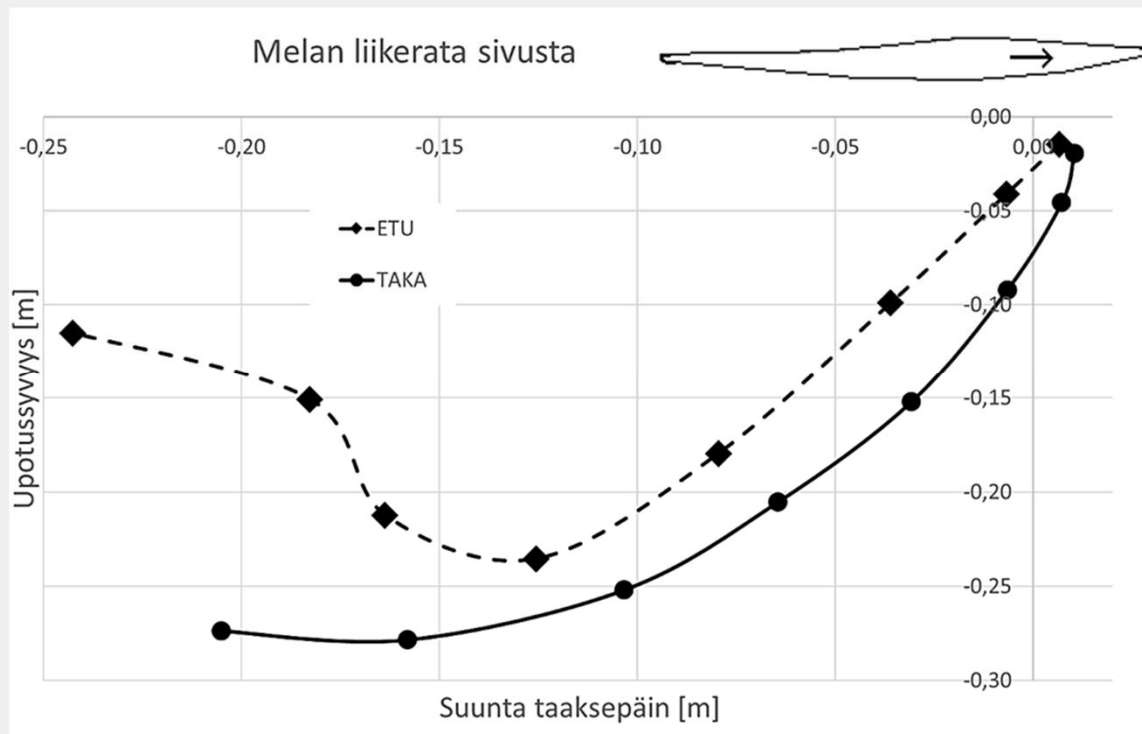
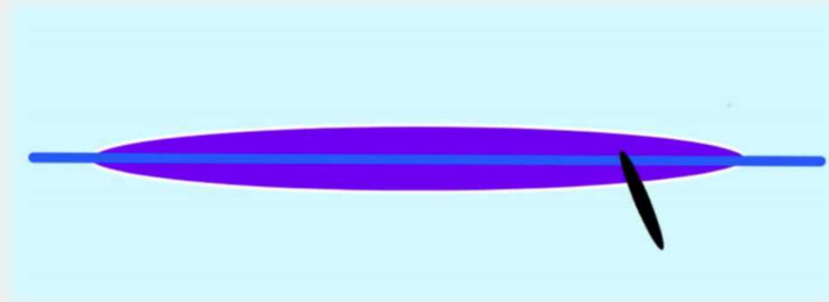
Inertiamittausyksikkö pystyy havaitsemaan eri melontatekniikan muutoksen ja kuvaamaan sen siten että sitä voidaan käyttää hyväksi melontavalmennuksessa.



TAULUKKO 5. Vedon muuttujien vertailu etu- ja takapainotteisessa melontasuorituksessa.

muuttuja	etupainotteinen	takapainotteinen	p-arvo ¹
vedon pituus [m]	1,43 ±0,22	1,58 ±0,26	p=0,005
voimantuottoaika [s]	0,35 ±0,05	0,41 ±0,06	p=0,001
'entry' aika [s]	0,04 ±0,03	0,07 ±0,07	p=0,037
impulssi lateraali [%]	33,0 ±6,0	29,0 ±5,0	p=0,001
impulssi eteen [%]	51,2 ±4,8	50,4 ±4,8	p=0,376
impulssi vertikaali [%]	15,9 ±2,6	21,2 ±4,8	p<0,000

¹Wilcoxonin merkkitestit





JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

Yhteenveto



Yhteenveto

- SmartPaddle antaa luotettavaa tietoa verrattuna anturivarteeseen
 - laskentaa tulee kehittää suuremmilla aineistoilla
 - ja eri lajien (koski/poolo & rata/maraton) sekä eri tasoisten melojien välillä
 - laitteiston kiinnitystä tulee kehittää luotettavammaksi
- Frekvenssi ja voima olivat keskeisiä aluksen kulkunopeuteen vaikuttavia muuttujia. Kun ne kasvoivat, nousi aluksen kulkunopeus. Voimantuottoaika oli yhteydessä nopeuteen vastakkaisella tavalla.
- SmartPaddlea voidaan käyttää melonnan tekniikkavalmennuksessa
 - Se on *helppokäyttöinen* ja antaa uutta tietoa valmennuksen tueksi
 - Se kykenee tunnistamaan melonnan erilaisia tekniikkapainotuksia

Validiteetti

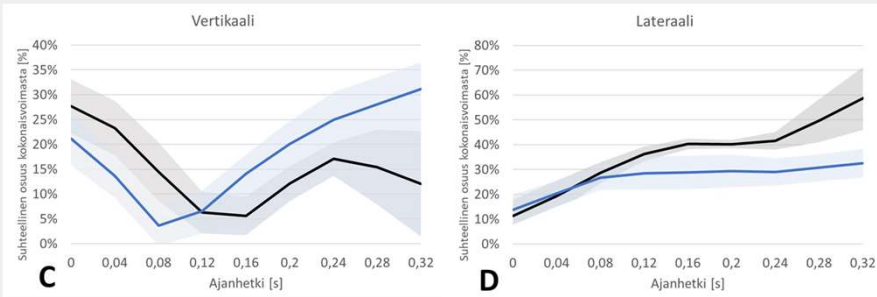
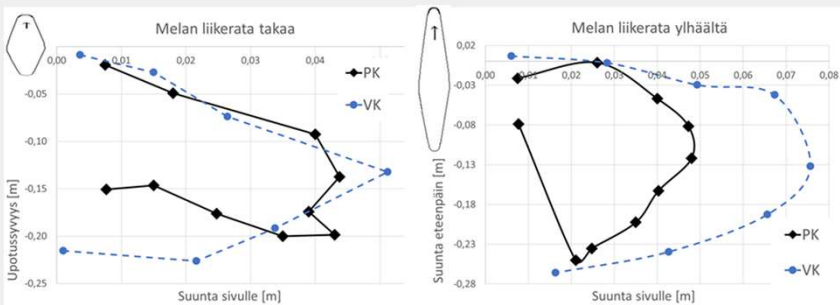
Validiteetti & Suorituskyky

”Hyödynnettävyys”

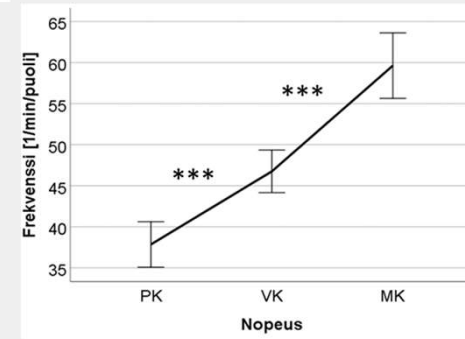
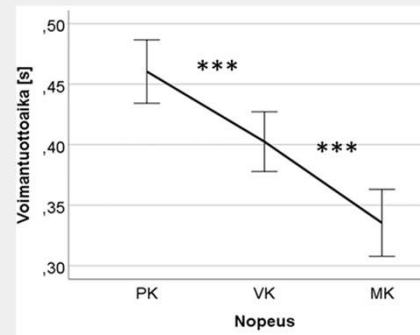


Kaksi näkökulmaa

Käyttää sensortechnologiaa tunnistamaan suorituksen kannalta keskeisiä **uusia** muuttujia mm.:



Käyttää sensortechnologiaa jotta monitorointi / seuranta / analysointi voidaan siirtää **todellisiin olosuhteisiin** mm.:



Tarkkuus & luotettavuus
Mikä on riittävä?



Tarkkuuden arviointia

Article and Sport	System Used	Gold Standard	Reliability
King et al. (2009)—Rowing [47]	Three BSN nodes with inertial sensors	SMART-D system (BTS Bioengineering Corp., Quincy, MA, USA)	Mean error between the BSN nodes and BTS system: 3.6° in femur rotation, 4.0° for thoraco-lumbar rotation and 4.1° in sacrum rotation. Accuracy of BSN nodes not as fine as BTS system resolution.
Koda et al. (2010)—Baseball [50]	3D sensor containing two types of accelerometer and gyroscope	Vicon motion capture system (Vicon460, Oxford Metrics, Oxford, UK)	Correlation coefficient (R) and RMS of error calculated between estimated position by 3D sensor and position measured by the Vicon system (Oxford Metrics, Oxford, UK). For the shoulder, elbow and wrist, R in the x and y direction showed excellent agreement (>0.95) but was smaller for the z direction (0.73 to 0.92). However RMS was less than 10 cm for the z direction and between 13 cm to 18 cm for the x and y directions.
Krüger et al. (2009)—Snowboarding [3]	Moven IMS—16 sensor units (Xsens Technologies B.V., Enschede, The Netherlands); T and T Medilogic bilateral insole measurement (T and T Medilogic Medizintechnik GmbH, Schönefeld, Germany)	Three synchronized cameras; Kistler force plate (Kistler Instruments Ltd., Hampshire, UK)	The IMS system had a moderate accuracy when compared to the cameras. Mean deviation in knee angles for left leg and right leg were 4.8° and 3.1° respectively. Correlation coefficients were high (0.96 for the left knee angle and 0.77 for the right knee angle). The insoles had a milted accuracy with a mean RMSE of 28%.

Adesida, Y., Papi, E. & McGregor, A.H. 2019. Exploring the Role of Wearable Technology in Sport Kinematics and Kinetics: A Systematic Review. *Sensors* 19, 1597. <https://doi.org/10.3390/s19071597>



Pohdittavaksi

- Millaista sensoriteknologiaa tarvitaan tulevaisuudessa?
- Mitä tietoja tarvitaan urheilusuorituksesta? Mitkä ovat merkittäviä?
- Millainen tarkkuus on riittävä?
- Millainen käytettävyys on riittävä?

- Miten teknologian hyödyntäminen vaikuttaa perinteiseen kommunikaatioon urheilijan ja valmentajan välillä?
 - Esimerkiksi vahvasti ”sensorivalmennukseen” turvautuva valmentaja versus hyvään ”tekniikkasilmään” turvautuva valmentaja?



Kiitos mielenkiinnosta!



anttilopp



antti.ej.lopponen@jyu.fi