



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

# Teknologia hiihdon tekniikkavalmennuksen tukena

Juho Halonen LitM, kestävyyslajien asiantuntija,  
Olympiavalmennuskeskus Vuokatti-Ruka

Volter Pietarinen LitK, tutkimusavustaja  
Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto



OLYMPIAVALMENNUSKESKUS  
Vuokatti-Ruka

# Kaksi organisaatiota, yksi tavoite. Huippu-urheilun tukeminen

Juho Halonen, OVK Vuokatti-Ruka

- LitM (valmennus- ja testausoppi)
- TKI-tiimi: Kestävyysslajien asiantuntija
- Pitkä tausta maastohiihto- ja alppihiihto-urheilun valmentajana kansainvälisellä huipputasolla

Volter Pietarinen, Jyväskylän Yliopisto

- LitK (valmennus- ja testausoppi)
- Biomekaanikko OVK Vuokatti-Ruka hankkeessa
- Tutkimuksesta kentälle ja kentältä tutkimukseen
- Intohimona liike ja sen ymmärtäminen



OLYMPIAVALMENNUSKESKUS  
Vuokatti-Ruka



# Tutkimusympäristöt



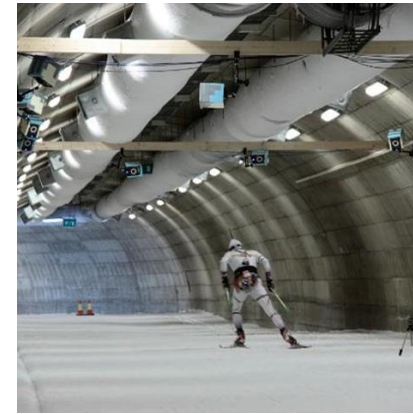
Suksitestausta



Hiihtolaboratorio



Virtuaaliympäristöt



Hiihtoputki



Vuokatti Areena



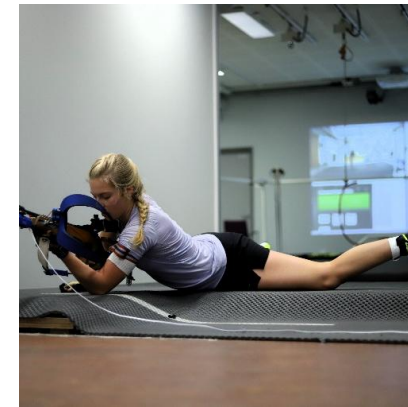
Fysiologian  
laboratorio



Biomekaniikan  
laboratorio



Ampumahiihdon  
ulkolaboratorio



Ammunnan  
sisälaboratorio



Konttiolosuhde  
JYU SINCE 1863.

# Coachtech - Mistä tähän on tultu?



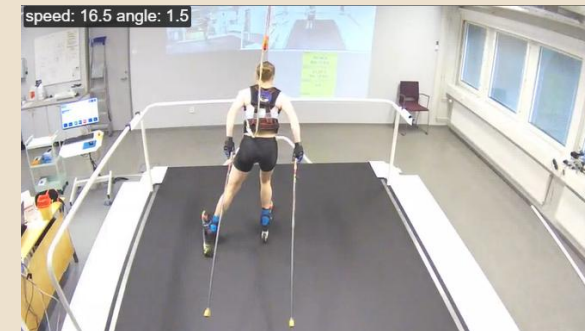
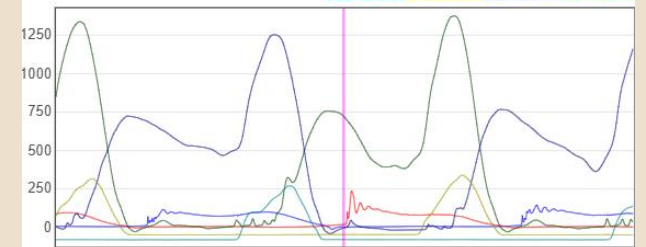
- Coachtechin historia juontuu 2010 luvun alkuun - järjestelmää kehitetty useissa hankkeissa JYU-Vuokatti johtoisesti
- Tavoitteena oli luoda järjestelmä jolla pystytään mittaamaan erilaisia hiihtotutkimuksissa käytettyjä antureita ja tuottaa niistä analyysi urheilijalle välittömästi
- Järjestelmän tuli olla universaali, siis ei sidottu tiettyyn anturiin tai lajiin



# Hiihtolaboratorio



- Videot kolmesta suunnasta: hidastus sekä kuva kerrallaan
  - Kamerat 100Hz
- Kiihtyvyyssanturi
  - Syklitiedot
- Markkeriton liikeanalyysi
  - Kamerat
- Välineinstrumentointi
  - Sauvat
  - Rullasukset vapaa/perinteinen



# Hiihdon syklimuuttujat



- Sauvaan kiinnitettävä kiihtyvyyssanturi (paino 22g)
  - Algoritmi tunnistaa liikkeelle tyypillisen kiihtyvyys jäljen, josta laskenta johdetaan
- Syklin pituus (edetty matka)
- Frekvenssi = Montako sykliä minuutissa
- Työnnön ja palautuksen suhde



27km/h

HR [bpm]		CYCLE				POLES		
avg	end	CT [s]	Fr [1/min]	CL [m]	Pi [cm/ms]	Pt [ms]	P %	R %
-	-	0.70	86	5.22	2.27	230	33.0	67.0

25km/h

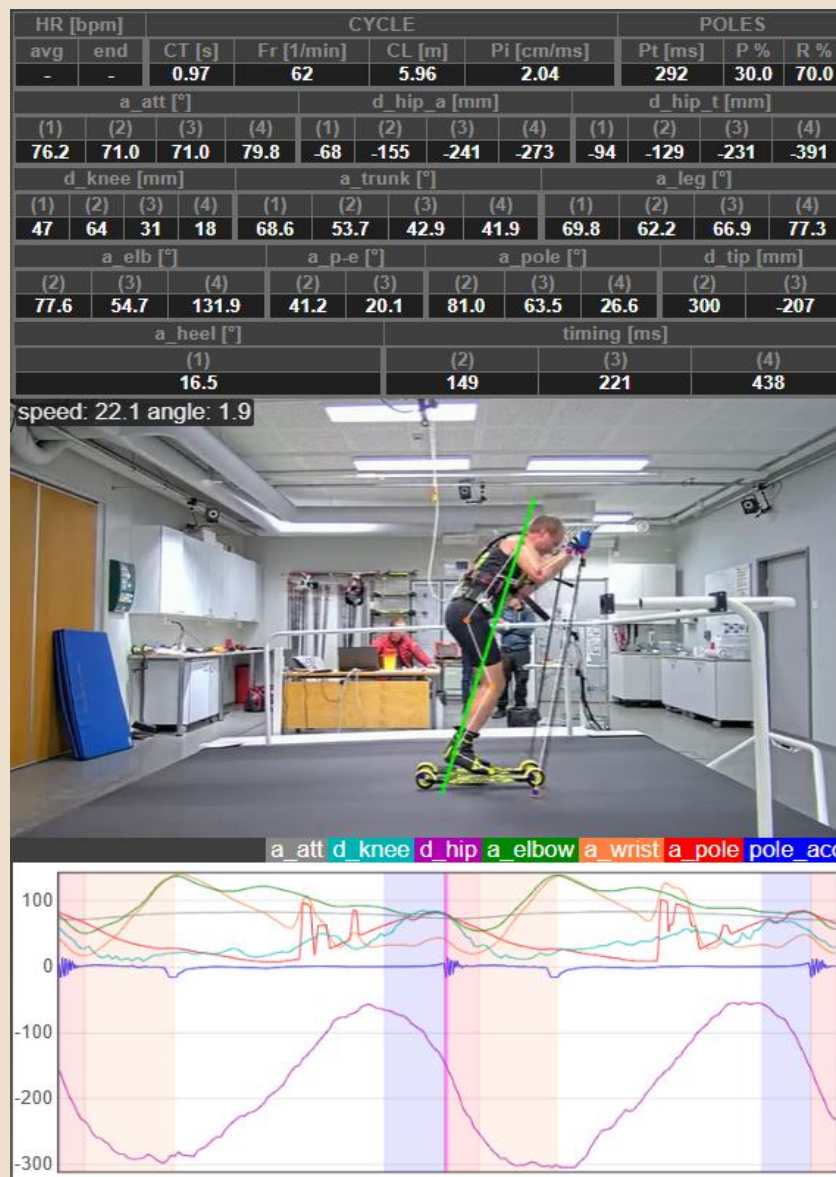
HR [bpm]		CYCLE				POLES		
avg	end	CT [s]	Fr [1/min]	CL [m]	Pi [cm/ms]	Pt [ms]	P %	R %
-	-	0.77	78	5.31	2.17	245	32.0	68.0

22km/h

HR [bpm]		CYCLE				POLES		
avg	end	CT [s]	Fr [1/min]	CL [m]	Pi [cm/ms]	Pt [ms]	P %	R %
-	-	0.94	64	5.71	1.97	290	31.0	69.0

# Markkeriton liikeanalyysi

- Voidaan tehdä ilman esivalmisteluja niin harjoituksessa kuin testissä
  - Tekniikkavalmennuksen tuki:
    - Välitön palaute tehtyihin muutoksiin
  - Yhteys tekniikkapostereihin
- Automatisoitu analyysi testien välillä
  - Muuttujien tarkastelu nopeuden suhteen MAST -testissä esim. kevät vs. syksy



a\_att [°]

d\_hip\_a [mm]

d\_hip\_t [mm]

d\_knee [mm]

a\_trunk [°]

a\_leg [°]

a\_elb [°]

a\_p-e [°]

a\_pole [°]

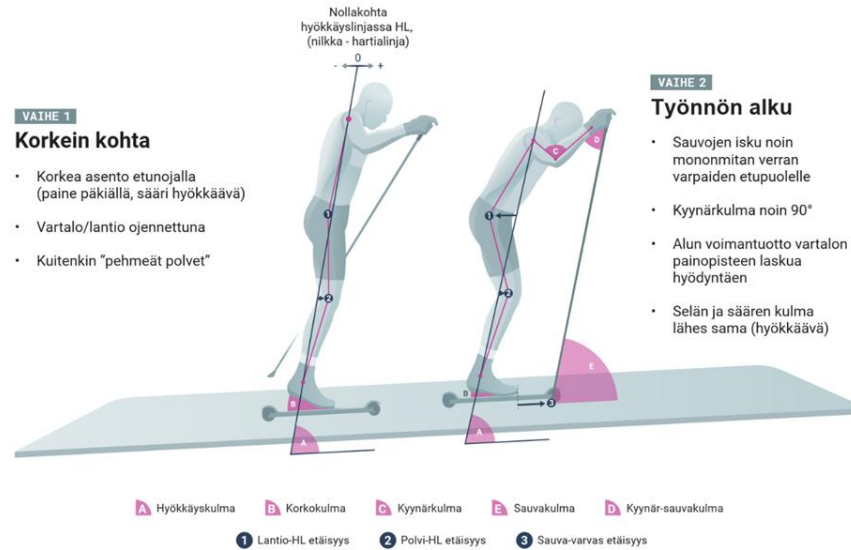
d\_tip [mm]

a\_heel [°]

timing [ms]

# TASATYÖNTÖ

## Vaiheet ja muuttujat



### VAIHE 1

#### Korkein kohta

- Korkea asento etunojalla (paine päkiällä, sääri hyökkäävä)
- Vartalo/lantio ojennettuna
- Kuitenkin "pehmeät polvet"

### VAIHE 2

#### Työnnön alku

- Sauvojen isku noin mononmitan verran varpaiden etupuolelle
- Kynärkulma noin 90°
- Alun voimantuotto vartalon painopisteen laskua hyödyntäen
- Selän ja säären kulma lähes sama (hyökkäävä)

### VAIHE 3

#### Kynärminimi

- Kynärkulma pienenee (n. 60°-75°) ja kynärpää lähestyy sauvaa
- Säärikulma säilynyt hyökkäävänä (säären ja sauvan kulmat lähes samat)
- Vartalon massa pysyy työnnön päällä ja lantio säilyy lähellä hyökkäyslinjaa (korkeus säilyttään)

### VAIHE 4

#### Työnnön loppu

- Perustyönnössä lantion korkeus lähes säilyy
- Nyrkki on ohittanut reiden hieman puolivälin alapuolelta
- Paine on siirtynyt päkiältä koko jalalle
- Työnnön saatto sen mukaan, että ehtii seuraavaan hyvään lähtöasentoon

Posterin kuvaava matkavauhtista tasatyöntöä tasaiseen maastonkohtaan. Tekniikkaa mukautetaan eri maastoissa ja nopeuksissa. Hitaammilla nopeuksilla ja ylämäissä sauvan iskukohta tulee jalkaterän tasolle.

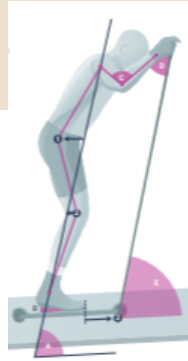


# Skiing Position

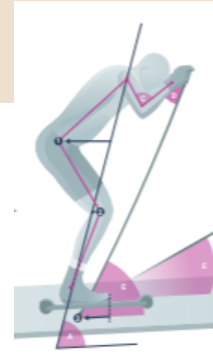
Distance: Hip-Toe



Position 1



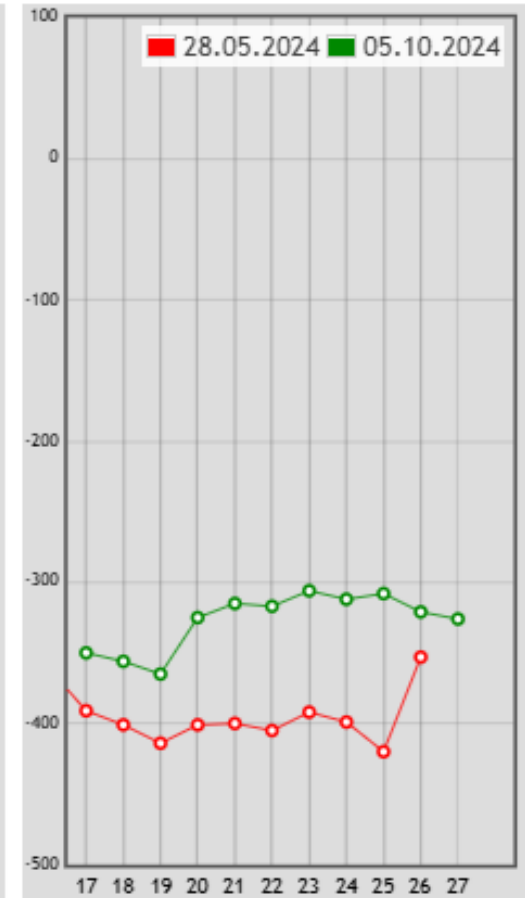
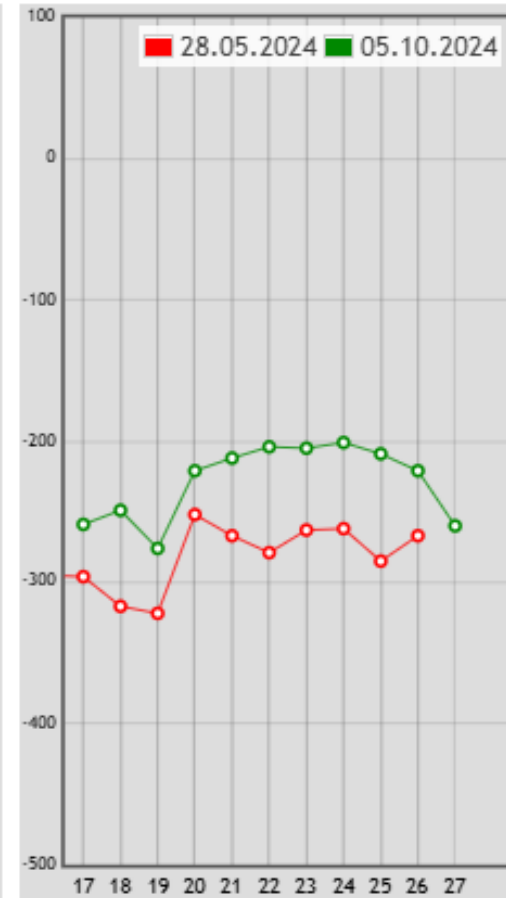
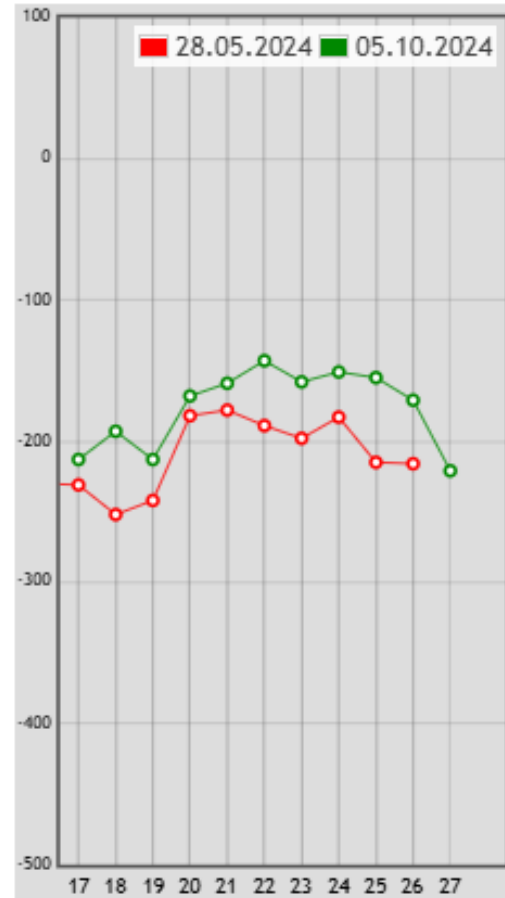
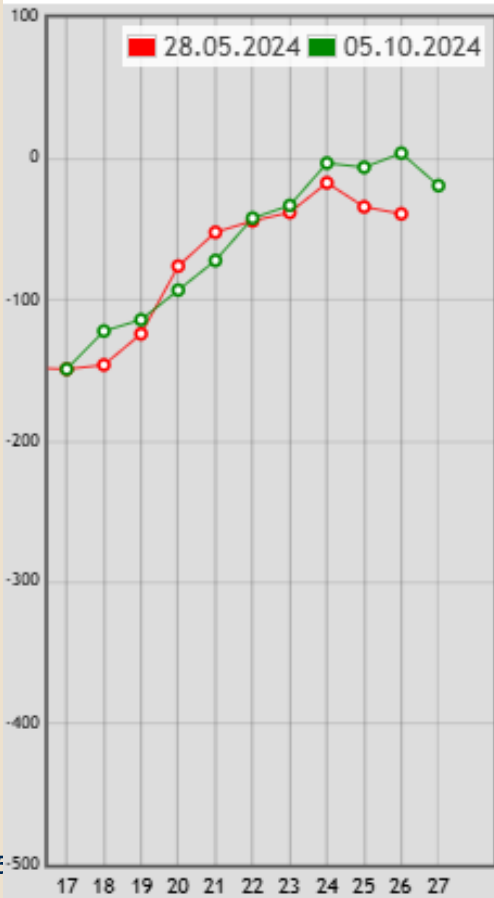
Position 2

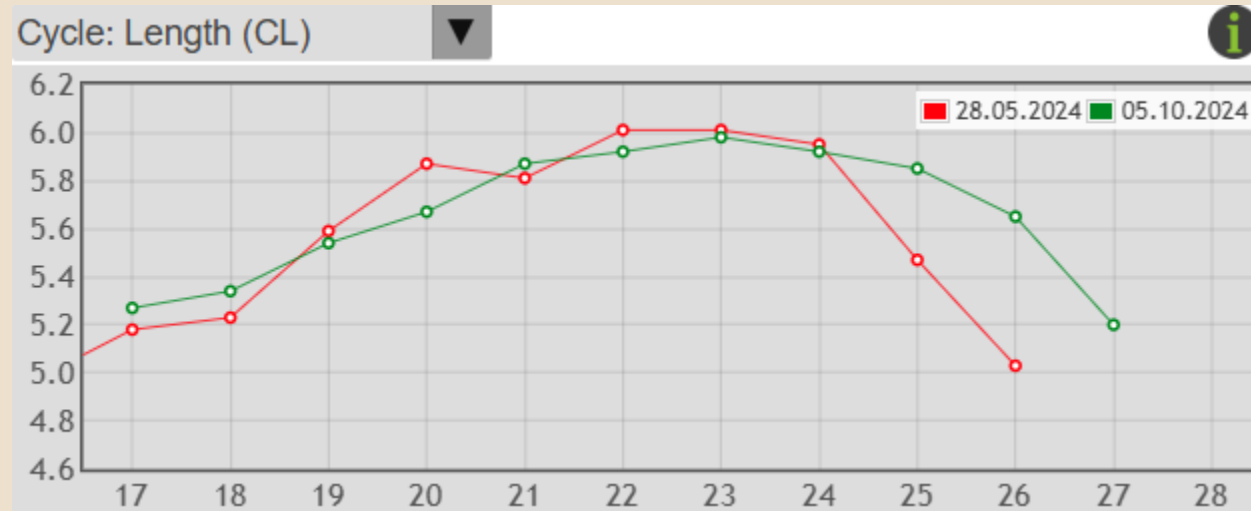


Position 3



Position 4





**Aineisto nopeasti  
valmentajan ja  
urheilijan  
käytävissä jo  
loppuverryttelyn  
aikana**



OLYMPIAVALMENNUSKESKUS  
Vuokatti-Ruka

# Instrumentoidut rullahiihtovälineet

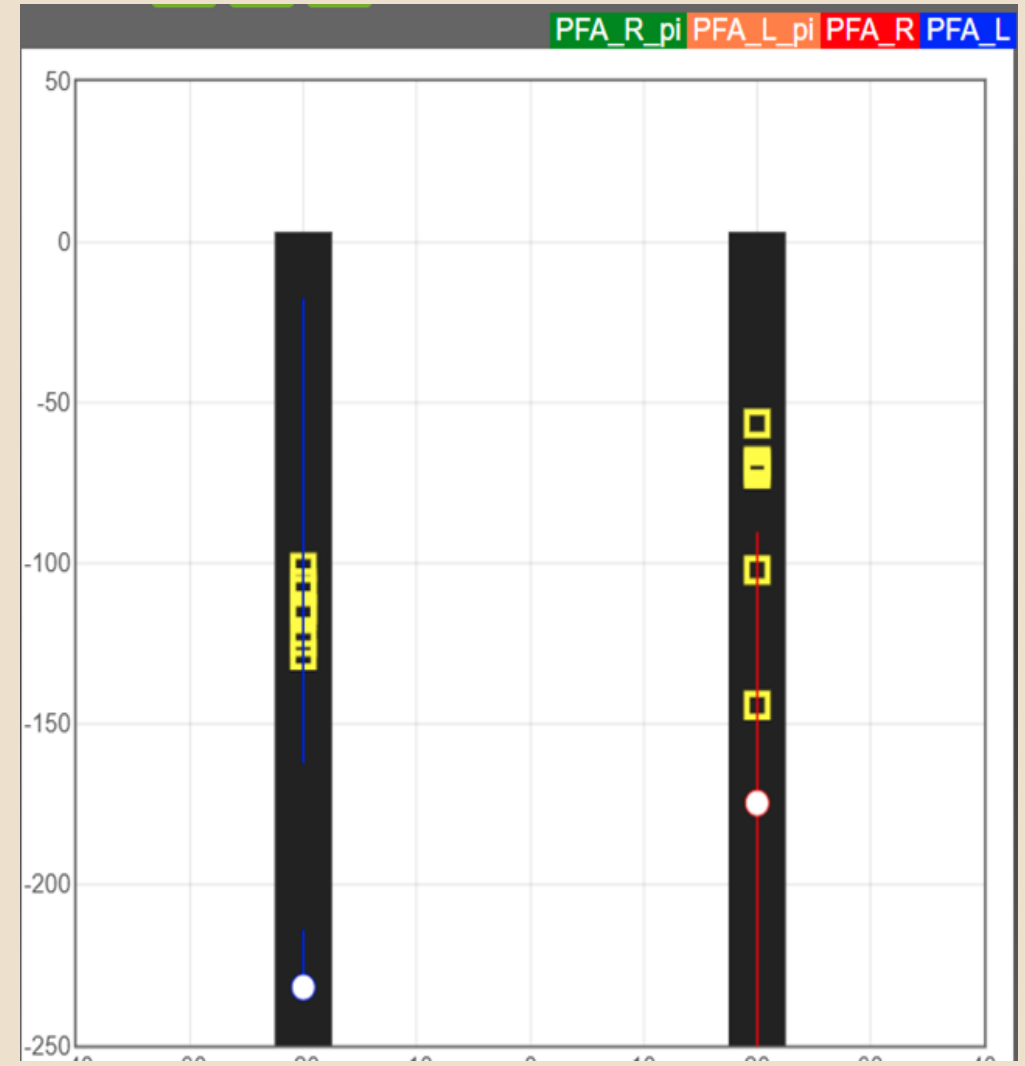
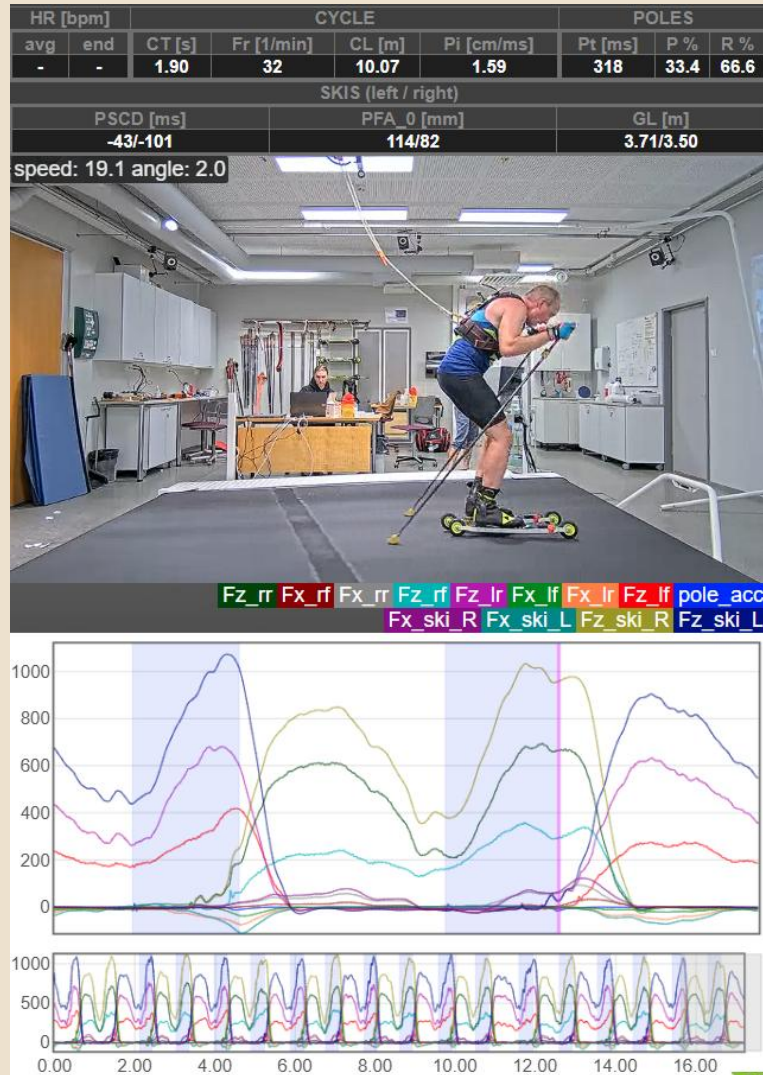
- Reaktivoimia mittaavat sukset ja sauvat
- Tekniikkapostereiden johtaminen reaktivoimien kautta
- Kaikki lähtee synkronoidusta videoinnista
  - Instrumentoinnin selkäranka on video johon se yhdistetään
  - Liikkeestä syntyy käsitys vain liikettä katsomalla
  - Merkittävät muutokset reaktivoimissa ? posterien vaiheet
- Instrumenttisuksista välitöntä palautetta, ja tarkempaa analysointia vaativaa aineistoa

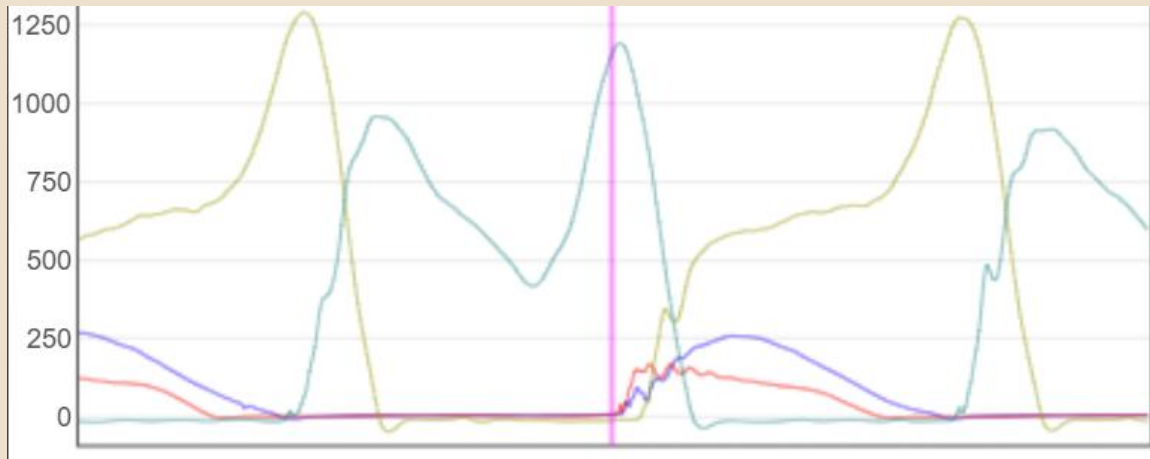
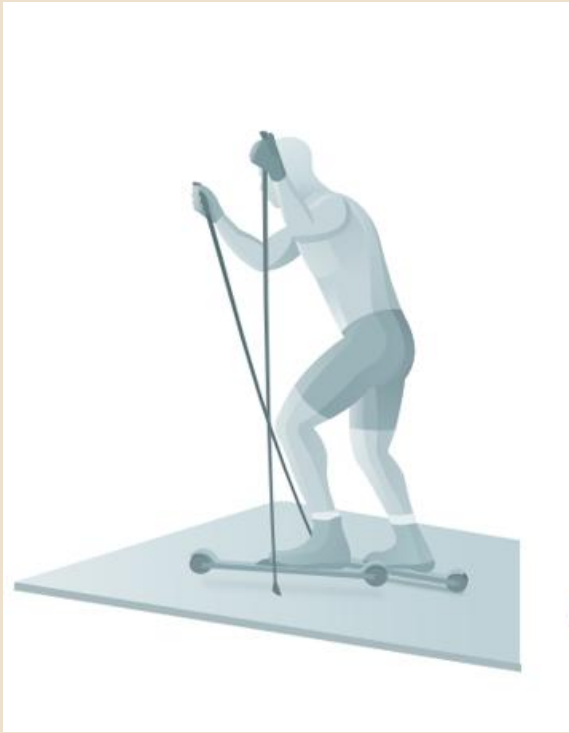


# Instrumentointi tekniikkavalmennuksessa



- Sauvauskun hetki
  - COP
- Puolierot
  - Reaktiivoimakäyrä





# KUOKKA

## Vaiheet

Vapaa

Johtava

**VAIHE 1 Vapaan jalan ponnistuksen alku**

- **Edestä**
  - Hartiat ja lantio osoittavat eteenpäin ja ovat samassa tasossa
- **Sivusta**
  - Asento hyökkäävä, sääri ja selkä samassa linjassa
  - Paine päkiävoittoisesti jalkaterällä
  - Lantion ja selän hallinta
  - selkä ei saa mennä notkolle
- Nyrkit lähellä vartaloa, johtava nyrkki noin hartian korkeudella
- Käsin liike rytmittää hiihtoa ja auttaa jalkatyötä

**VAIHE 2 Työnnön alku**

- **Edestä**
  - Hartiat ja lantio osoittavat eteenpäin ja ovat samassa tasossa
  - Suksi suoraan sisäkantille polvi- ja hartialinjan ulkopuolelle
- **Sivusta**
  - Nyrkit hartialinjan etupuolella ja johtava sauva lumeen varpaiden kohdalle
  - Asento hyökkäävä, sääri ja selkä samassa linjassa
  - Johtavan puolen kynärpää kohti sauvaa heti kontaktista alkavan voimakkaan työnnön saamiseksi
- Sauva ja suksi tulevat lumeen "lähes" yhdenaikaisesti (suksi hieman jäljessä)

**VAIHE 3 Johtavan jalan ponnistuksen alku**

- **Edestä**
  - Rintamasuunta säilyy eteenpäin, kun ylävartalon kierto on pientä
  - Sauvatyö mahdollisimman suoraviivaisesti taakse
- **Sivulta**
  - Asento hyökkäävä, sääri ja selkä samassa linjassa
  - Ylävartalon ylös-alas liike on vain pientä
- Jalkatyöskentely molemmilla puolilla yhtä voimakasta
- Liikkeessä säilyy elastisuus, kun paine pysyy päkiällä

**VAIHE 4 Työnnön loppu**

- **Edestä**
  - Hartiat ja lantio osoittavat eteenpäin ja ovat samassa tasossa
  - Vapaan puolen suksi sisäkantille hartia- ja polvinlinjan ulkopuolelle
- **Sivulta**
  - Ylävartalo koko syklin ajan hyökkäävä, sääri ja selkä samassa linjassa
  - Työntö loppuu reisiinliinaan
- Nopea painonsiirto pitää liikkeen sulavana

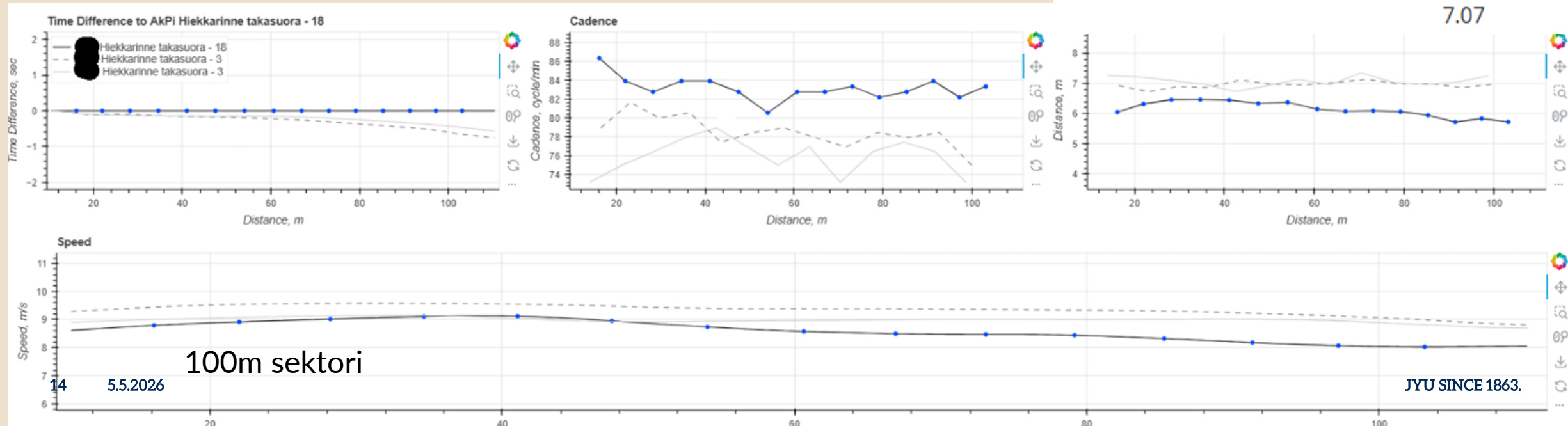
Näe kuvat osana liikettä. Vaiheet ovat tarkastelupisteitä, jotka auttavat arvioimaan tekniikkaa. Pysäytä video vaiheiden kohdalle ja vertaile mitä vaiheiden välillä on tapahtunut.

# Laboratoriosta kentälle



- Satelliittien ja kiihtyvyyssanturin yhdistelmällä päästään käsiksi nopeuksiin ja syklietoihin
- Laboratorio ja kenttämittausten välille saadaan luotua yhteys. Vertaa fysiologia (laktaatin mittaaminen VO2max testissä = tehoharjoituksen monitorointi)

Average cadence, cycle/min	83.10
	78.43
	75.85
Average cycle speed, m/sec	8.52
	9.09
	8.95
Average cycle distance, m	6.14
	6.96
	7.07

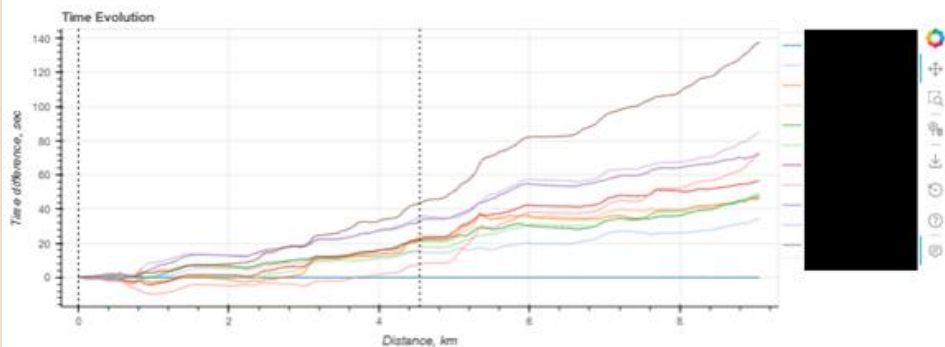


# Kilpailuanalyysi



Section Times sec

Athlete	Lap 1										Lap 2									
	Ruka 5km 2023										Ruka 5km 2023									
	Start - Pitkän nousun lähtö	Pitkän nousun lähtö - Valtavaaran yläkohta	Valtavaaran yläkohta - Valtavaaran laskun alku	Valtavaaran laskun alku - Valtavaaran laskun loppu	Valtavaaran laskun loppu - Impilinnan pohja	Impilinnan pohja - Impilinnan huippu	Impilinnan huippu - Impilinnan laskun loppu	Impilinnan laskun loppu - Viimeisen nousun pohja	Viimeisen nousun pohja - End	Start - Pitkän nousun lähtö	Pitkän nousun lähtö - Valtavaaran yläkohta	Valtavaaran yläkohta - Valtavaaran laskun alku	Valtavaaran laskun alku - Valtavaaran laskun loppu	Valtavaaran laskun loppu - Impilinnan pohja	Impilinnan pohja - Impilinnan huippu	Impilinnan huippu - Impilinnan laskun loppu	Impilinnan laskun loppu - Viimeisen nousun pohja	Viimeisen nousun pohja - End		
	47.13	123.38	69.55	46.34	113.16	70.46	28.39	94.36	69.49	50.04	124.83	71.31	47.12	112.74	71.86	28.56	91.68	66.07		
	49.13	121.44	73.69	47.63	117.74	72.94	28.37	94.29	71.88	51.23	125.10	75.02	47.91	118.65	71.04	28.92	96.47	69.82		
	45.75	121.60	72.72	44.19	116.55	79.92	28.95	97.47	78.75	50.97	134.44	72.79	45.63	112.75	77.10	28.70	96.30	67.61		
	45.27	128.17	73.41	44.93	116.10	72.58	29.27	98.85	74.36	51.68	136.82	73.43	45.66	116.91	70.82	30.32	96.17	69.74		
	48.11	122.33	76.48	45.75	117.04	71.53	29.07	100.43	73.24	52.10	129.14	73.55	45.02	118.86	73.09	29.71	99.49	69.61		
	46.06	122.13	72.18	46.19	117.05	75.34	29.50	97.35	74.13	51.36	130.83	77.39	46.43	115.70	76.35	29.55	96.43	72.47		
	46.21	119.86	75.33	46.25	118.24	76.60	28.59	98.85	74.64	54.32	135.17	76.73	46.15	119.04	75.45	27.65	95.67	68.51		
	46.09	114.77	74.39	46.61	113.75	72.37	28.51	99.13	74.80	52.64	143.45	79.91	46.74	119.85	79.35	28.97	101.00	75.92		
	45.48	129.75	77.47	46.16	118.91	74.29	28.89	100.72	74.14	52.33	135.07	80.06	46.03	118.54	76.24	29.11	97.18	70.08		
	46.02	133.21	74.56	45.88	117.90	75.07	28.68	101.35	74.80	49.87	138.38	80.26	45.43	120.43	75.21	29.41	101.57	74.90		
	48.98	124.23	73.76	47.90	123.16	76.60	30.71	102.50	78.03	56.90	145.63	82.21	49.90	128.09	77.48	32.69	108.61	77.56		



Subtechnique percent lap time

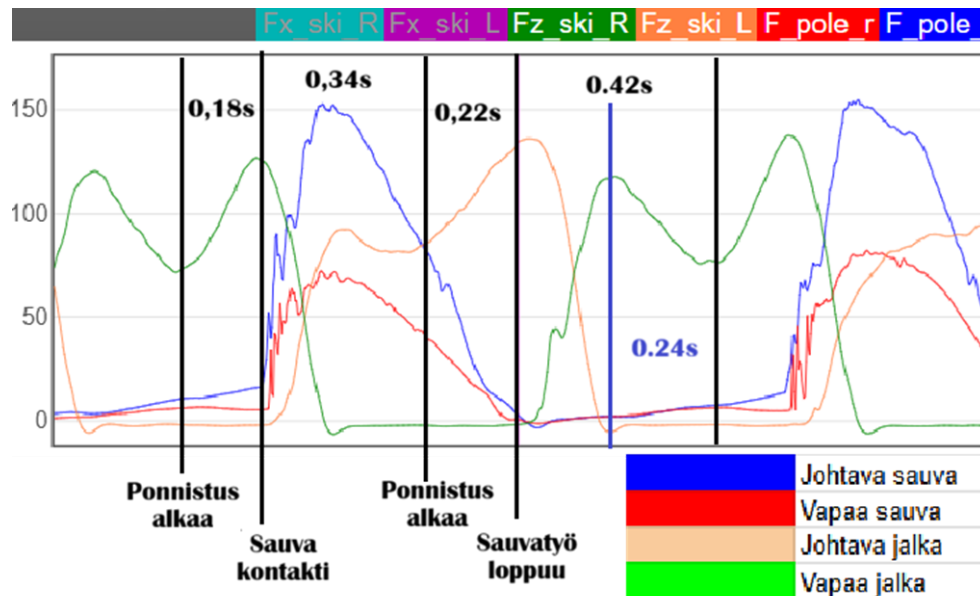
Lap	Double Poling	DP Kick	Diagonal Stride	Herringbone	unclassified	Downhill	Other
1	54.3	2.8	15.4	9.2	2.2	15.9	0.2
2	47.7	7.4	15.5	12.0	1.9	15.4	0.3
Total	51.0	5.1	15.4	10.6	2.0	15.6	0.2

# Menetelmien soveltaminen ja yhdistely

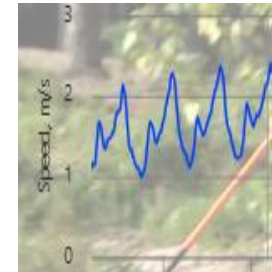
## Case 1: Syklin sisäinen nopeus

# Havainto: Frekvenssin merkitys jyrkässä nousussa

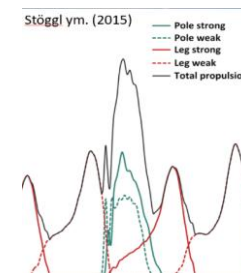
- Yhdistämällä videota, GPS aineistoa, instrumenteista saatavaa aineistoa ja tutkittua tietoa muodostuu merkitseviä kokonaisuuksia
- Frekvenssi vaikuttaa erityisesti aikaan, joka kuluu syklin nopeimman ja hitaimman hetken välillä
  - sisältäen ns. “kuolleen vaiheen”



## 1. Ponnistus alkaa (hitain vauhti)



## 1. Ponnistuksen huippu/sauvakontakti



## 2. Ponnistuksen huippu/sauvat irti (Nopein vauhti)



# CASE 2: Miehet Sprint: A-maajoukkue

## Tiedolla johdettu loppusuora simulaatio

# Työnnön aloittaminen kovasta vauhdista: loppukiri valmius (Val di Fiemme)



- Taustatyö: nopeus- ja syklianalyysi sprintin olympiaradalta 2025 maailmancupista, tekniikka-analyysit
- Tavoite 1: Tehdä laadukas nopeus painotteinen tasatyöntöharjoitus
  - 8-12kpl 10-20s vetoa 3min palautuksella ja 5min sarjapalautuksella 1,5° ja 2 ° kulmaan
  - Nopeudet 28-37km/h
- Tavoite 2: Henkilöresurssi - vapautetaan valmentaja valmentamaan
  - maton pyörittämiseen vapauttaa valmentajan seuraamaan suoritusta
  - Välineiden kanssa säätäminen ei jää valmentajalle
- Tavoite 3: Harjoitusten dokumentointi seuranta varten
  - Videointi, tehdyt kuormat, muistiinpanot
  - Liikeanalyysit
- Tavoite 4: Reaaliaikainen analyysi ja sparraus harjoituksen aikana



# Tuloksia

- Lähtöasennon tarkastelu joukkueetasolla
  - 4-1 vaiheen hionta
- Toistuvuus → kehitys → Linkki ulkona harjoiteluun
- Liikeanalyysit → yksittäisten vetojen ja harjoituskertojen väliset trendit → myös joukkueen sisällä vertailu
  - Mittasuhteiden realiteetit urheilijoiden välillä, ketä voi verrata kehen?



a_att [°]			
(1)	(2)	(3)	(4)
71.0	66.2	66.7	74.4



a_att [°]			
(1)	(2)	(3)	(4)
75.3	70.6	72.6	77.9



# Tulevaisuus



OLYMPIAVALMENNUSKESKUS  
Vuokatti-Ruka



- Miten saamme nykyisistä menetelmistä kaiken irti?
  - Esityksessä esitettyjen järjestelmien laajempi käyttö
  - Liikeanalyysi aineiston laajempi tilastollinen tarkastelu (Torvinen, 2026)
- Mitä prosesseja voimme kehittää?
  - Valmentajien tietämyksen kasvattaminen mitatuista muuttujista
  - Asiantuntijoiden ja valmentajien yhteistyön tiivistäminen





**Teknologia on työkalu aineiston keräämiselle**

**Kerätyn aineiston tulee olla relevanttia**

**Aineisto tulee muodostaa palautteeksi**

**Palautteesta tulee selväksi vaikuttaako mitattava asia suoritukseen kymmenyksiä, sekunteja vai minuutteja**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

[juho.halonen@vrua.fi](mailto:juho.halonen@vrua.fi)



OLYMPIAVALMENNUSKESKUS  
Vuokatti-Ruka

[volter.h.pietarinen@jyu.fi](mailto:volter.h.pietarinen@jyu.fi)



OLYMPIAVALMENNUSKESKUS  
Vuokatti-Ruka

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

