

**ETENEMISNOPEUDET JA SYKKEET ERITASOISILLA
SUUNNISTAJILLA KÄYTTÄEN SATELLIITTI-
PAIKANNUSTA**

Juha Nivukoski

Pro gradu -tutkielma

LFY.S008

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Antti Mero

Kevät 2006

TIIVISTELMÄ

Juha Nivukoski: Etenemisnopeudet ja sykkeet eritasoisilla suunnistajilla käyttäen satelliittipaikannusta. Liikuntafysiologian Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos.

Satelliitteihin perustuva GPS-paikannus (Global Positioning System) ja sen sovellukset ovat yleistyneet 2000-luvulla monilla eri elämänalueilla. Liikuntatieteissä laitteen antamia mahdollisuuksia on tutkittu hyvin vähän, koska GPS:n tarkkuuteen ja soveltuvuuteen suhtaudutaan vielä epäröiden. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kevyen kannettavan GPS-laitteen soveltuvuutta ulkona tapahtuvan urheilusuorituksen analysointiin sekä GPS-laitteen antaman paikkatiedon perusteella selvitettiin koehenkilöiden kulkemaa matkaa, nopeutta ja sykettä suunnistussuorituksissa.

Koehenkilöitä tutkimukseen osallistui yhteensä 115 henkilöä, jotka jaettiin kolmeen eri ikäryhmään sukupuolen mukaan (H=miehet, D=naiset: H15-18, D15-18, H18-21, D18-21, H21, D21). Analysointiin otettiin mukaan täysin onnistuneet gps-signaalit, joissa ei esiintynyt häiriötä tai katkoksia. Koehenkilöt olivat suunnistajia, jotka kantoivat GPS-laitetta suorituksen aikana joko olkavarressaan tai erillisessä suunnittelussa kantoliivissä selässä. GPS-laitteen (FRWD Technologies Ltd.) paino kantohihnoineen oli 150 grammaa. Tutkimukset suoritettiin keväällä 2004 ja 2005 neljässä eri paikassa. GPS-signaalista analysoitiin nopeus ja kuljettu matka sekä syke. Lisäksi yhdellä tutkimuskerralla koehenkilöiltä mitattiin laktaatti suunnistus- (S) ja suunnistusjuoksusuorituksen (SJ) aikana. Aineiston tilastollinen analysointi suoritettiin Excel –taulukkolaskentaohjelman avulla.

Koko tutkimuksen kerätty rastivälimäärä oli yhteensä 1992 kappaletta. Hyväksytyjä rastivälejä tuosta määrästä oli 1353 (67,9 %) ja hylättyjä 639 kpl (32,1 %). Viimeisellä tutkimuskerralla päästiin jo 100 %:n osuuteen hyväksytyissä gps-signaaleissa parantuneen laitteen kantotavan johdosta. Kuljetun matkan osalta suoraviivaisinta reittiä maastossa kulki aikuisten miesten ryhmä (H21: 110,13% suorasta reitistä). Eniten kuljettua matkaa paransi SJ-suorituksessa tyttöjen D15-18-ryhmä. Ryhmän parannus oli myös tilastollisesti erittäin merkitsevää ($p < 0,001$). Miesten ryhmän keskinopeus oli niin ikään korkein sekä suunnistus- (2,78 m/s) että suunnistusjuoksusuorituksessa (2,99 m/s), mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi ($p \geq 0,05$). Tilastollisesti merkitsevää nopeusparannus oli nuorten ryhmillä kahden eri suorituskerran välillä. Tämä kertoo aikuisten paremmasta suunnistuksen taitotasosta suunnistuskerralla. Suunnistustaitonopeuksia analysoitiin suunnistajan lähestyessä ja lähettäessä rastilta 20 sekunnin ajalta ennen ja jälkeen rastin. Kovinta vauhtia piti miesten H21-ryhmä: 2,65 m/s (tulo) ja 2,96 m/s (lähtö). Merkittävä havainto oli se, että miesten ryhmä oli ainut ryhmä, joka kasvatti nopeuttaan verrattuna keskivauhtiin rastilta lähettäessä (vauhdin nousu 6,0%). Kuitenkin verrattuna suunnistusjuoksusuorituksen lähtönopeuteen, miestenkin ryhmällä on parannettavaa vielä rastilta lähtönopeudessa sen ollessa SJ-suorituksessa 0,23 m/s korkeampi ($p < 0,05$). Kaikilla nuorten ryhmillä SJ- ja suunnistussuorituksen suunnistustaitonopeuksien erot olivat tilastollisesti merkitseviä, joten nuorilla on tarvetta vielä runsaaseen lajiharjoitteluun maastossa. Tutkimuksen yhtenä hypoteesina ollut suunnistustaidon ja –tekniikan selvä ero ikäryhmien välillä vahvistettiin tällä havainnolla.

Onnistuneessa suunnistussuorituksessa on sykkeen vaihtelu hyvin pieni. Tässä tutkimuksessa sykkeen vaihtelu oli nuorten naisten ryhmällä (D18-21) pienin molemmissa suorituksissa (S: 4 bpm, SJ: 2 bpm, ns.) Nuorimpien suunnistajien osalta tilanne oli toinen: sykkeen vaihtelu oli suurempaa, mutta ei kuitenkaan eronnut aikuisten sykkeen hajonnoista suuresti. Suunnistustaitosykkeiden osalta H21-ryhmä lähestyi rastia huomattavasti korkeammalla sykkeellä verrattuna suorituksen keskiarvosykkeeseen kuin muut ryhmät. Kuitenkin lyhyt hidastus rastileimauksessa alensi tämänkin ryhmän sykettä havaittavasti (173 -> 171). Tulonopeuden ja –sykkeen korkeat arvot H21-ryhmällä ovat yksi tärkeimmistä suunnistustaidon eroa selittävistä tekijöistä aikuisten ja nuorten suunnistajien välillä. Laktaattiarvot suunnistuksessa olivat aikaisempien tutkimustulosten suuntaisia S: 4,9 mmol/l ja SJ: 7,5 mmol/l eron ollessa tilastollisesti merkitsevää ($p < 0,05$). Saatujen syke- ja laktaattiarvojen perusteella suunnistussuoritus tapahtuu anaerobisen kynnyksen tuntumassa ja suunnistusjuoksusuoritus hieman sen yli.

Tämän tutkimuksen perusteella aikuisilla on kokemuksen tuoma suunnistustaidon hyötysuhde parempi kuin nuorilla. Tätä tehokkuutta voi kehittää vain runsaalla harjoittelulla maastossa suunnistamalla. Tutkimuksen perusteella kevyt kannettava GPS-laite näyttää soveltuvan hyvin ulkona tapahtuvan urheilusuorituksen analysointiin. Laite on kevyt ja helppo kuljettaa sekä tiedon tarkkuus tämän suunnistustutkimuksen perusteella on suunnistuksen analysointiin riittävän tarkka.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	1
SISÄLTÖ	2
1 JOHDANTO	4
2 SUUNNISTUKSEN PERUSKÄSITTEET	6
2.1 Suunnistuksen kilpailusuoritus	6
2.2 Suunnistusjuoksun vaatimukset	7
2.3 Suunnistustaito	8
3 SUUNNISTUSSUORITUS JA SEN FYYSISET VAATIMUKSET	12
3.1 Syke, veren laktaattipitoisuus ja hapenkulutus	12
3.2 Etenemisnopeudet maastossa	14
3.3 Askelpituus, -tiheys ja kontaktiajat suunnistusjuoksussa	15
3.4 Juoksun taloudellisuus suunnistuksessa	16
3.5 Huippusuunnistajan ominaisuuksista	17
4 GPS-JÄRJESTELMÄN TEKNIikka	18
4.1 Avaruus	18
4.1.2 Satelliitit	18
4.1.3 Signaali	19
4.2 GPS-laite	19
4.2.1 GPS-laitteiden ominaisuuksia	21
4.2.2 Satelliittipaikannuksen tarkkuus	22
4.2.3 Häirintä ja virheet	24
5 GPS:N KÄYTTÖ LIKUNTATIETEISSÄ	25
5.1 Satelliittipaikannuksen käytön ongelmat liikkumisen seurannassa	26
5.2 Satelliittipaikannuksen tulevaisuus urheilututkimuksessa	26
6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT	28
7 MENETELMÄT	30
7.1 Koehenkilöt	30
7.2 Koeasetelma	30
7.3 Aineiston keräys ja analysointi	31
7.4 Tilastollinen käsittely	33
8 TULOKSET	34

8.1	GPS-signaali	34
8.2	Etenemisnopeudet ja -matkat sekä sykkeet ikäryhmittäin	35
8.3	Suunnistustaitonopeudet	37
8.4	Laktaattipitoisuudet	39
9	POHDINTA	41
9.1	Yleistä mittauksista	41
9.2	GPS-signaali	42
9.3	Etenemisnopeudet ja -matkat sekä sykkeet ikäryhmittäin	43
9.4	Suunnistustaitonopeudet	45
9.5	Laktaattipitoisuudet	48
10	JATKONÄKYMIÄ	49
	LÄHTEET	51
	LIITTEET	57

JOHDANTO

Suunnistus on kestävyyslaji, joka nykyaikaisten uusien suunnistusmuotojen tullessa arvokilpailuihin vaatii myös nopeutta ja lähellä maksimaalista hapenottoa tapahtuvaa suorituskykyä suorituksen aikana. Suunnistus on myös ajatusurheilua. Menestymisen kannalta suunnistustaito on erittäin ratkaiseva tekijä. Toinen osa suunnistussuoritusta on lajin fyysinen puoli, jota kutsutaan termillä suunnistusjuoksu. Suunnistusjuoksun fysiologiaa on selvitelty aina 1960-luvulta lähtien. Suomalainen huippusuunnistus uinui kuitenkin 1990-luvulla fysiologisten mittausten osalta melko syvää unta ja viimeisimmät maajoukkueen säännölliset testaukset lienevät 1980-luvulta. Osasyynä tähän varmasti on monien aikaisempien suomalaisten suunnistustutkimusten johtopäätökset, että laboratoriotestin perustella ei voida luotettavasti ennustaa suunnistusjuoksukykyä maastossa (Kärkkäinen 1986; Tammelin 1995).

Suunnistussuorituksen tarkka analysointi valmentajalle on haastava tehtävä. Lajin tapahtuessa lähes pääsääntöisesti metsässä, poissa valmentajan silmien alta, on urheilijalle annettava palautetta monesti keskusteluiden perusteella urheilijan omista tuntemuksista omaa suoritusta kohtaan. Kartalle tehtävä reittipiirustus ja 1990-luvun lopulla tullut elektroninen leimausjärjestelmä rastiväliaikoinen ovat myös tärkeitä työkaluja tehtäessä suunnistussuorituksen analyysiä. Suunnistajan ajattelua on lähes mahdotonta mitata suunnistussuorituksen aikana, mutta jokaiselle suunnistajalle ominaisten suunnistustoimintojen (kartanluku, kompassikäytön, rastinmääritteiden luku, maaston havainnointi) mittaaminen on mahdollista esim. perässä juoksijan avulla. Nykyajan GPS-tekniikasta suunnistusvalmentajalle on tullut hyvä apuväline suorituksen tarkkailuun. Satelliitteihin perustuva paikannus- ja seurantajärjestelmä antaa mahdollisuuden seurata suunnistajan etenemistä jokaiselta sekunnilta suorituksen aikana. GPS:n avulla voidaan löytää suorituksesta maastonkohtia, joissa eteneminen on hidasta tai jopa liian nopeaa omiin suunnistustaitoihin nähden. Valmentaja voi pilkkoa suoritusta pienempiin palasiin ja löytää suorituksesta osia, joihin keskittymällä paremmin urheilija voi parantaa merkittävästi suoritusta.

Tämän tutkimuksen yhtenä tarkoituksena on tutkia kannettavan GPS-laitteen soveltuvuutta suunnistussuorituksen analysointiin. Tutkimuksen tarkoituksena on myös

selvittää eri-ikäisten suunnistajien todellisuudessa kulkemia matkoja sekä etenemisvauhteja ja sykkeitä suorituksen aikana. Lisäksi tässä tutkimuksessa selvitetään miten etenemisvauhdit ja sykkeet muuttuvat suorituksen tärkeimmällä hetkellä: rastia lähestyttäessä ja rastilta lähdettäessä.

2 SUUNNISTUKSEN PERUSKÄSITTEET

Väinö J. Nurmimaa (1956) totesi ensimmäisessä suomenkielisessä suunnistusteoksessaan suunnistuksesta lajina seuraavaa: ”*Suunnistus, jolla nimellä kartan ja kompassin avulla maastossa liikkumista kutsutaan, sopii yhtä hyvin retkeily- ja vaahtopäävauhdinkin ystäville, nuorille ja vanhoille, miehille ja naisille.*” Tuosta ajasta suunnistus on kehittynyt valtavasti. Tärkeimpänä on karttojen muuttuminen tarkoiksi, jolloin sattuman osuus rastien löytymiseksi on pienentynyt ja huippusuunnistajien väliset erot kilpailusuorituksessa mitataan 2000-luvulla jo sekunnin kymmenesosien tarkkuudella (sprinttimatkat). Mutta lajin peruselementit: metsä, kartta, kompassi ja suunnistusjuoksu ovat pysyneet muuttumattomina, vaikka kilpailusuoritus on siirtynyt yhä enemmän sprinttisuunnistuksen myötä puistoihin ja kaupunkeihin.

2.1 Suunnistuksen kilpailusuoritus

Suunnistussuorituksen lähtökohta on yksinkertainen. Tarkoitus on kiertää karttaan merkitty reitti mahdollisimman nopeasti. Apuvälineitä ovat kartta ja kompassi. Suunnistuksen arvokilpailuissa kilpaillaan henkilökohtaisilla matkoilla sprintti-, keski- ja normaalimatkan kilpailut. Matkojen kestot ovat sprinttimatkalla 12-15 minuuttia, keskimatkalla 30-35 minuuttia ja normaalimatalla naisilla 70-80 minuuttia ja miehillä 90-100 minuuttia (www.orienteing.org). Vaikka eri kilpailumuodot eroavat kestoltaan toisistaan, niin eri matkoja voidaan pitää lähes samanlaisina suunnistustaidon osalta. Suunnistajan ongelmana on löytää optimaalinen vauhti, nopeus, jolla fyysiset ja taidolliset valmiudet huomioon ottaen saavutetaan paras mahdollinen loppuaika (mm.Gjerset ym. 1997; Kärkkäinen ym. 1983).

Fyysiset vaatimukset eroavat toisistaan enemmän. Suunnistuksen maailmanmestari Janne Salmi (1998) määrittelee hyvin eri kilpailumatkoilla tarvittavat vaatimukset ja fysiologiset vasteet kokemustensa ja tietonsa mukaan taulukossa 1. Keskimatka voidaan rinnastaa entiseen pikamatkaan ja puistosuunnistus sprinttisuunnistukseen. Normaalimatalla yleensä ratkaisee kilpailijan kestävyysominaisuudet ja kokemus, kun taas sprinttisuunnistuksessa nopeus.

TAULUKKO 1. Suunnistuskilpailujen eri matkojen vaatimukset (Salmi 1998).

Vaatimukset	Normaalimatka	Pikamatka	Puistosuunnistus
Kesto	70 min (N) – 90 min (M)	25min	12-18min
Syke	AnK +/-5 bpm	AnK +0-10 bpm	95% max
Maitohapot	3-6 mmol/l	4-8 mmol/l	5-12 mmol/l
VO₂	80-90 % max VO ₂	”89-95%”	90-96%
Energia	tarvitaan tankkausta ja/tai lisää	ei rajoittava	ei rajoittava
Keskittyminen	saa vaihdella hieman kisan aikana	Jatkuvaa, huipussaan rasteilla	Häiriötekijät!!
Tyyppi	kestävä, sitkeä (kokenut)	ketterä, taitava	nopea

Maasto suunnistussuorituksen kilpailupaikkana asettaa suunnistajalle muihin lajeihin verrattuna poikkeuksellisia vaatimuksia. Suunnistusmaastot eri puolilla maailmaa vaihtelevat suuresti ja tämä tekijä vaikuttaa suuresti suunnistuksen kilpailusuorituksen fyysisiin ja taidollisiin vaatimuksiin. Nikulainen (1994) jakaa karkeasti maastotyypit Pohjoismaiseen ja mannermaiseen maastotyyppiin. Pohjoismaisessa maastotyyppissä on enemmän maastonmuotoja ja kartanlukukohteita ja se vaatii taidollisesti enemmän kuin mannermainen maastotyyppi. Mannermaisessa maastotyyppissä, kuten monissa Keski-Euroopan suunnistusmaastoissa, korostuvat fyysiset ominaisuudet ja suunnistajan kyky valita itselleen sopivia reitinvalintoja enemmän. Vähempien maastokohteiden, hyvän näkyvyyden ja kulkukelpoisuuden vuoksi suunnistajan vauhti nousee usein mannermaisessa maastossa kovemmaksi kuin Pohjoismaissa. (Nikulainen 1994.)

2.2 Suunnistusjuoksun vaatimukset

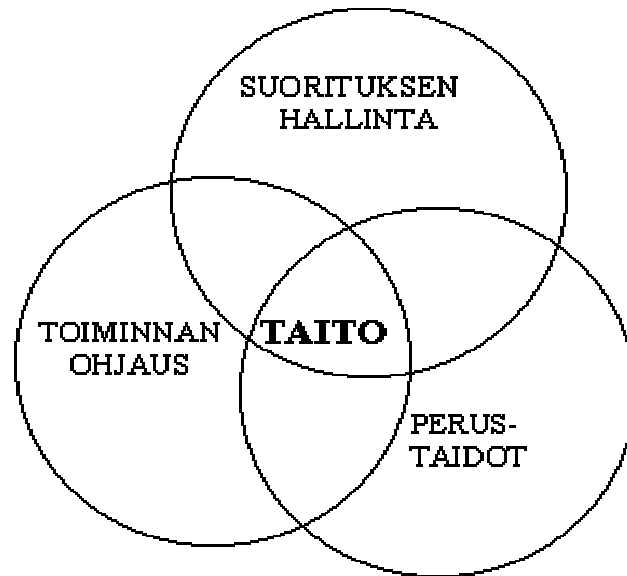
Suunnistusjuoksu tarkoittaa suunnistuksen fyysistä osaa, liikkumista maastossa erilaisilla alustoilla. Koska juoksualusta on epätasainen ja vaihtelee jatkuvasti, suunnistusjuoksu eroaa suuresti rata- tai maantiejuoksusta. Suunnistusjuoksussa vaihtelevat eripituiset askeleet, nopeat rytmivaihdokset, kierrot ja hyppelyt, kiipeily ja jopa ”nelivedolla” kulkeminen (Havas & Kärkkäinen 1989). *Suunnistusjuoksukyky* on suunnistusjuoksun optimaalista hyödyntämistä kilpailutilanteessa. Ratkaisevina tekijöinä suunnistusjuoksukyvyssä ovat toisaalta suunnistajan fysiologiset edellytykset ja toisaalta kyky käyttää näitä edellytyksiä käytännön suunnistusjuoksutilanteessa. Kyse on pitkälti suunnistusjuoksun taloudellisuudesta. Eli tietyllä energiankulutuksella on

pyrittävä mahdollisimman suureen etenemisnopeuteen. (Kärkkäinen ym. 1983.) Etenemisnopeuteen vaikuttaa maastotyyppin ja korkeuserojen lisäksi suunnistustehtävän vaikeus. Monissa tutkimuksissa (mm. Nilsson 1980) on havaittu negatiivinen yhteys suunnistuksellisen vaikeuden ja suunnistusjuoksunopeuden välillä. Rauhala (2003) tutki suunnistuslukiolaisten fyysisten testien ja kilpailumenestyksen välistä yhteyttä. 1,6 km:n suunnistusjuoksutestin tulos todettiin olevan paras kilpailumenestystä ennustava testitulos lukioikäisillä suunnistajilla (Rauhala 2003).

2.3 Suunnistustaito

Suunnistustaito on suunnistajan opettelemien lajissa tarpeellisten taitojen suunniteltua käyttöä suunnistustehtävien ratkaisemiseksi. Pelkistettynä tämä tarkoittaa suorituksen aikaista etenemissuunnitelman jatkuvaa tekemistä ja sen onnistunutta toteutusta (Havas & Kärkkäinen 1989.) 1980-luvulla puhuttiin yleisesti suunnistustekniikan käsitteestä, jolla tarkoitettiin eri suunnistuskeinojen ja juoksun yhdistämistä mahdollisimman tehokkaasti (mm. SSL 1981). Suunnistustekniikka jaettiin lisäksi **a) lajitekniikkaan** (reitinvalinta ja suunnittelu, reitin toteutus, kartanluku, suunnassakulku, matkanmittaus, rastinotto) ja **b) välinetekniikkaan** (suunnistukseen liittyvien apuvälineiden tehokas käyttö) (mm. SSL 1981; Havas & Kärkkäinen 1989).

Kuvassa 1 on esitetty Nikulaisen ym. (1995) määritelmä suunnistustaidosta. Hän jakaa suunnistustaidon perustaitojen, toiminnan ohjauksen ja suorituksen hallinnan yhdistelmäksi. Suunnistusajattelun kehittyminen tapahtuu perustaitojen ja automatisoinnin kautta omiksi toimintamalleiksi. Suorituksen hallinnan avulla toteutetaan erilaisia toimintamalleja kilpailutilanteessa häiriötilanteidenkin alaisena. (Nikulainen ym.1995.)



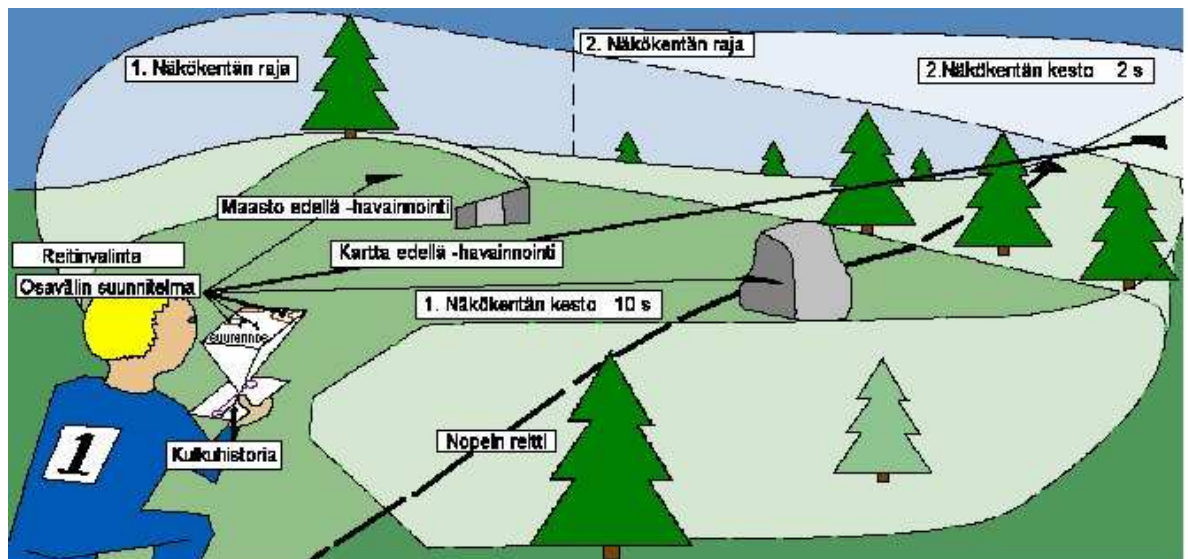
KUVA 1. Suunnistustaidon määritelmä (Nikulainen ym.1995).

Monista muista taitolajeista suunnistus eroaa siinä, että suunnistajan kohdalle tulevat taitoja vaativat tilanteet ovat monesti hyvinkin erilaisia. Gjerset ym. (1997) käyttivät nimitystä O-element ajasta, joka kului erilaisiin suunnistusteknisiin toimintoihin. Kärkkäinen (1986) käyttää myös nimitystä *reservialue* (=maksimaalinen suoritusvauhti-optimaalinen suoritusvauhti) havainnollistaessaan suunnistajan etenemisvauhtiin liittyviä käsitteitä. Suunnistusteknisiin toimintoihin kuluva aika on tutkittu muutamissa suunnistustutkimuksissa (mm. Kärkkäinen 1986; Moser ym. 1995; Gjerset ym 1997; Väisänen 2002). Taulukossa 2 on lueteltu kolmen eri tutkimuksen löydöksiä, joista nähdään selkeästi suunnistustoimintojen vaikutus etenemisnopeuteen. Suomalaisten tekemissä tutkimuksissa suunnistusjuoksuosuorituksella tarkoitetaan suunnistusradan juoksemista uudelleen ja norjalaisten tutkimuksessa taas suunnistussuorituksen ajasta virheet on poistettu koehenkilöiden arvion mukaan, jolloin kyseessä on ilman virheitä tehty suunnistussuoritus.

TAULUKKO 2. Suunnistuksen (S) ja suunnistusjuoksun (SJ) eroja ajan ja sykkeen suhteen.

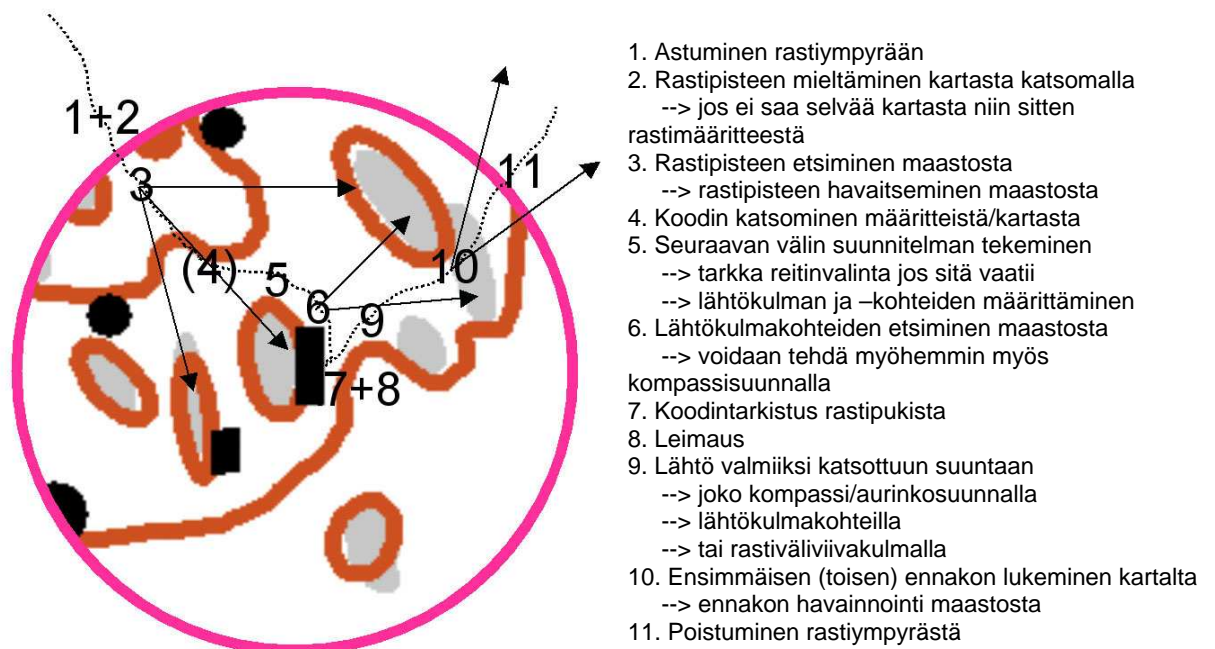
Tutkimus	n	maastotyyppi/ paikka	matka	aika (S)	aika (SJ)	ero	syke (S)	syke (SJ)
Kärkkäinen 1986	14	avokallio/Varsinais-Suomi	12,9km	76.37	68.56	10,2 %	181	179
Gjerset 1997a1	9	Norja	3,0km	23.13	17.54	12,8*%	178	181
Gjerset 1997a2	5	Norja	3,0km	30.40	21.40	16,6*%	180	184
Väisänen 2002b1	7	mäkinen/Keski-Suomi	5,0km	36.38	31.19	14,5 %	164	173
Väisänen 2002b2	12	mäkinen/Keski-Suomi	5,0km	42.12	34.10	19,0 %	174	174
<i>a1=koehenkilöinä miehet, a2=koehenkilöinä naiset</i>								
<i>b1=koehenkilöt yli 21-vuotiaita, b2=koehenkilöt alle 21-vuotiaita</i>								
<i>*=vähennetty virheisiin kulunut aika</i>								

Hautala (2004) havainnollistaa selkeästi kuvassa 2 suunnistustaitoon liittyviä toimintoja.



Kuva 2. Suunnistustaitoon liittyviä toimintoja (Hautala 2004).

Marko Vapa (2004) esittelee rastinoton teoriaa kuvassa 3. Huippusuunnistajalla kaikki nämä Vapan esittämät rastinottotyöskentelyn tapahtumat sujuvat nopeammin kuin nuorella suunnistajalla. Rastinotossa suunnistajan tulee pyrkiä automaation tasolle, jolloin kaikki toiminnot sujuvat ilman suunnittelua, automaattisesti. Rastinotto on yksi suunnistusharjoittelun perusharjoituksista, jonka kehittäminen nopeuttaa suunnistuksen kokonaissuoritusta. Rastinoton tekniikkaa ja onnistumista on vaikea tutkia, koska suoritus tapahtuu maasto-olosuhteissa ja keinoa mitata suunnistajan lähestymistä kohteelta kohteelle on tähän mennessä ollut mahdotonta analysoida.



Kuva 3. Rastinottotyöskentely (Vapa 2004).

3 SUUNNISTUSSUORITUS JA SEN FYYSISET VAATIMUKSET

Kärkkäisen ym. (1983) mukaan suunnistus on intensiteetiltään suhteellisen vakiona säilyvää työtä, jonka laatu kuitenkin vaihtelee. Suunnistusjuoksuvoimassa ovat ratkaisevina tekijöinä sekä suunnistajan fyysiset edellytykset että suunnistajan kyky käyttää niitä maasto-oloissa. Maastopohjan epätasaisuus, pehmeys, peitteisyys ja kaltevuus ovat esimerkkejä tekijöistä, jotka aiheuttavat monipuolisen vaatimuksen suunnistajan juokсутekniikalle. (Kärkkäinen 1986.) Kestävyysominaisuuksista aerobinen ja anaerobinen kynnykset ovat tärkeimmät suunnistusjuoksuvoimaa kuvaavat muuttujat ja vauhti määräytyy maastossa pääasiassa niiden perusteella (Väisänen 2002).

3.1 Syke, veren laktaattipitoisuus ja hapenkulutus

Ihmisen sydänlihas supistuessaan aiheuttaa veren virtauksen käyttövoiman. Sydämen supistuksen käynnistää sinussolmuke, josta impulssi leviää kolmeen eteisjohtorataan. Eteiskammiosolmukkeesta impulssi siirtyy sydämen eteisen ja kammion välisen sidekudoslevyn lävitse kammioiden puolelle. Ennen kammioiden supistumista aktiopotentiali viivästyy n. 0,1s antaen aikaa eteisten supistumiseen. Ihmisen sydämen lyöntitiheys eli sykettiheys on lepotilassa yleensä 60-80 kertaa minuutissa. (Nienstedt ym. 1999.)

Sykettiheyden on todettu pysyvän melko vakiona suunnistussuorituksen aikana, mikäli suunnistajan taitotaso on riittävän korkea (mm. Kärkkäinen 1986; Gjerset ym. 1997). Huippusuunnistajilla sykkeen vaihtelu suorituksen aikana on ainoastaan <3 lyöntiä ja on lähellä maksimisykettä. Sykkeen vaihtelu suorituksen aikana erottaa eliittisuunnistajan harrastelijasta. (Creagh & Reilly 1997.) Myös Kärkkäinen (1986) totesi tutkimuksessaan sykkeen vaihtelun suuruudella olevan tilastollisesti merkitsevä yhteys etenemisnopeuteen. Sykkeen vaihtelu on pientä onnistuneen suorituksen aikana. Vaikea suunnistusalue ja virhe saattavat kuitenkin näkyä huippusuunnistajalla sykkeen pienenä alenemisena (mm. Karppinen & Laukkanen 1994; Väisänen 2002.) Norjalaismaastoissa maajoukkuesuunnistajilla syke jäi normaalimatalla miehillä 2-3 lyöntiä/min alle

anaerobisen kynnyksen ja naisilla hieman enemmän (Moser ym. 1995). Samalla koehenkilöjoukolla pikamatkan suunnistussuorituksessa sykelukemat olivat keskimäärin 3 lyöntiä/min alhaisempia verrattuna mattotestissä mitattuun anaerobiseen kynnyksen sykkeeseen (Gjerset ym. 1997). Väisäsen (2002) tutkimuksessa juoksuteknisesti vaativa maastopohja (risukkoinen, epätasainen, pehmeä, mäkinen) alensi sykettä sen jäädessä 10 lyöntiä/min alle anaerobisen kynnyksen. Birdin ym. (2003) tutkimuksessa suunnistajat saavuttivat helpossa maastossa sykkeen 87% ja vaikeassa maastossa 85% laboratoriotestin maksimisykkeestä. Samassa tutkimuksessa todettiin myös lineaarinen korrelaatio iän ja maksimisykkeen laskun välillä - maksimisyke laski 6 lyöntiä/min vuosikymmenen ikääntymisen myötä suunnistajan 35 ikävuoden jälkeen (Bird ym. 2003).

Aikaisempien tutkimustulosten laktaattimittausten perusteella suunnistuksen kilpailusuoritus tapahtuu anaerobisella kynnyksellä ja sen yläpuolella (mm. Mero ym. 1984; Dresel 1985; Kärkkäinen 1986). Norjalaisessa tutkimuksessa suunnistajat saavuttivat normaalimatalla 3,0 mmol/l laktaattitason (Moser ym. 1995) ja pikamatalla keskimääräinen veren laktaattipitoisuus oli 4,0 mmol/l (Gjerset ym. 1997). Hetkellisesti suunnistuksessa on mitattu jopa yli 10 mmol/l arvoja raskaampien maastokohtien (ylämäet, suot) jälkeen. Mitä lyhyempi suoritus, sen korkeammalle laktaattipitoisuuden on todettu nousevan (mm. Mero ym. 1984; Moser ym. 1995; Gjerset ym. 1997.) Nykyään yleistyneeltä, ja arvokisoissa vuodesta 2001 mukana olleelta, sprinttimatkalta ei ole tutkittu suunnistajien laktaattipitoisuuksia, joten edellä mainitun perusteella 10-12 minuutin sprinttisuorituksessa liikutaan lähellä urheilijan maksimaalisia laktaattiarvoja.

Hengitysilmaista mitatun hapenkulutuksen suurinta arvoa rasituksen aikana, maksimaalista hapenottoa, käytetään kuvastamaan hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa (Nienstedt ym. 1999). Jo Hill & Lupton (1923) mittasivat ensimmäisissä hapenkulutusta koskevissa tutkimuksissa hapenkulutuksen huippuarvoiksi 3,95 l/min (n=5).

Hapenkulutuksen mittauksia suunnistuskilpailun aikana on tehty vähän, mittausmenetelmän vaikeudesta johtuen. Larsson ym. (2002) mittasivat kymmenellä kansallisen tason ruotsalaissuunnistajalla hapenkulutuksen arvoiksi 4,3 km:n

suunnistusradalla 4,3 l/min (80% maksimista). Hapenkulutukset ovat olleet keskimäärin 75-88 % maksimaalisesta aerobisesta energiantuottotehosta (mm. Jensen ym. 1994; Moser ym. 1995; Larsson ym. 2002). Tammelinin (1995) mittauksissa suunnistajilla todettiin hapenkulutuksen olevan hieman korkeampi maastossa kuin juoksumatolla kynnystasoilla juostaessa. Maksimaalinen hapenotto oli yhtä korkea sekä maastojuoksussa että juoksumatolla.

3.2 Etenemisnopeudet maastossa

Korkeuserojen vaikutus nopeuteen on huomattava. Alamäkeen juostaessa etenemisnopeus alkaa hidastua vasta, kun alamäki on hyvin jyrkkä, mutta ylämäkeen juoksunopeus hidastuu lähes lineaarisesti jyrkkyyden kasvaessa (Weltzien 1979). Yhden maailman parhaista tunturisuunnistajista Timo Reimanin (2002) arvion mukaan hyväpohjaisessa tunturimaastossa suunnistajan suora reitti on nopeampi mikäli suoran reitin pituus + noususumma (metrit x 10) on pienempi kuin tasaisella kiertävän reitin kokonaispituus. Kokeneen tunturisuunnistajan kokemusta ja arviota tukee Naismithin '1 to 10' -sääntö (mm. Scarf 1998), jonka mukaan 1 m nousua vastaa 10 m tasaista etenemistä. Reitinvalintapäätöstä tehtäessä em. tieto on erittäin tärkeä suunnistajalle. '1 to 10' -sääntöön mukaan nousuun suhteutettu matka 7,7km/400m kilpailussa on siis $7,7\text{km} + 4,0\text{km} = 11,7 \text{ km}$. Tätä kokonaismatkaa suunnistuskilpailujen ratatiedoissa käytetään mm. Sveitsissä ja Iso-Britanniassa ja suomenkielessä siitä käytetään nimitystä 'suorituskilometrit' (Salmi 2002).

Suunnistuksessa korkeuserojen lisäksi maastopohjan pehmeys, puuston tiheys, aluskasvillisuuden pituus ja rehevyys ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat etenemisnopeuteen. Kärkkäinen (1986) tutki pro gradu -tutkielmassaan suunnistajien etenemisnopeuksia erilaisissa maastonkohdissa sekä suunnistuskilpailussa että samalla radalla suoritettussa suunnistusjuoksukilpailussa. Taulukossa 3 on esitetty tutkimuksen nopeus- sekä sykearvoja. Suunnistuskilpailussa (12,9km) suunnistajien (n=14) keskimääräinen vauhti koko radalla oli 5,57 min/km ja suunnistusjuoksukilpailussa 5,21 min/km.

TAULUKKO 3. Keskimääräiset etenemisnopeudet ja sykkeet tarkkailujaksoittain kilpailussa absoluuttisina ja prosentuaalisina arvoina (Kärkkäinen 1986).

Jakso	Etenemisnopeus	Nopeus (%) (SJ=100%)	Syke	Syke % maksimista
Koko rata	2,60 ± 0,12 m/s	82,5 ± 3,8		
Ylämäkijakso	1,91 ± 0,11 m/s	60,6 ± 3,5	179,2 ± 7,6	96,2 ± 4,1
Tarkkuussuunnistusjakso	2,38 ± 0,12 m/s	75,6 ± 3,8	174,7 ± 8,4	93,8 ± 4,5
Vauhdikas, helppo jakso	2,83 ± 0,11 m/s	89,8 ± 3,5	170,8 ± 9,1	91,7 ± 4,9
Alamäkijakso	2,93 ± 0,28 m/s	93,0 ± 8,9	166,8 ± 15,0	89,6 ± 8,1
Suunnistusjuoksu sähkölinjalla	3,15 ± 0,15 m/s	100	172,5 ± 10,4	92,6 ± 5,6
Maantiejakso	4,20 ± 0,17 m/s	133,3 ± 5,4	169,0 ± 9,3	90,8 ± 5,0

3.3 Askelpituus, -tiheys ja kontaktiajat suunnistusjuoksussa

Suunnistussuorituksen aikana askeleen pituus, korkeus ja suuntautuminen vaihtelevat maastopohjan ja etenemisnopeuden mukaan jatkuvasti. Maastopohjan vaihtelevuuden takia suunnistajan on pystyttävä muuttamaan juoksun biomekaanista luonnetta jatkuvasti juoksualustan mukaan: mm. askelpituus ja –korkeus sekä vartalon asento saattavat muuttua askel askeleelta. Tästä johtuen suunnistusjuoksussa korostuu suurempi voimankäyttö kuin tasamaalla juoksussa sekä keskivartalon lihasten käyttö. (Kärkkäinen & Pääkkönen 1986.)

Havas (1989) tutki askelkontaktin kestoa suunnistajilla eri maastotyypeissä erilaisilla juoksunopeuksilla. Askelpituus maastossa oli 5-15 cm pidempi kuin tiellä. Samalla nopeudella juostessa askelfrekvenssi oli maastossa pienempi kuin tiellä. Juoksunopeuden kasvaessa kontaktiajat lyhenivät odotetusti. Kontaktiaikojen vaihtelu oli pienintä tiellä ja kasvoi maastossa 1,5-2,5 –kertaiseksi. Kilpailuvauhdissa suunnistusjuoksunopeudet ja kontaktiajat tiellä olivat keskimäärin 4,2 m/s ja 210 ms, normaalimaastossa 3,7 m/s ja 230 ms, ryteikössä 3,7 m/s ja 240 ms, alamäessä 3,4 m/s ja 200 ms sekä ylämäessä 2,4 m/s ja 270 ms. Havaksen (1989) ohella Creagh & Reilly (1997) toteavat pehmeän maastopohjan pidentävän askeleen kontaktiaikaa ja askelpituuden riippuvan suuresti myös aluskasvillisuuden pituudesta. Havas & Kärkkäinen (1995) tutkivat lihasten EMG-aktiivisuutta jalkojen lihaksista erilaisilla juoksualustoilla. Juoksunopeuden kasvaessa tutkijat huomasivat kaksoiskantalihaksen

(*m.gastrocnemiuksen*) ja kaksipäisen reisilihaksen (*m.biceps femoris*) lihasaktiivisuuden olevan 20 % pienemmän siirryttäessä polulta maastoon. Mahdollisesti näiden lihasten heikkoutta tutkijat pitivät yhtenä rajoittavana tekijänä maksimaaliselle juoksuvauhdille mäkisessä maastossa. (Havas & Kärkkäinen 1995.)

3.4 Juoksun taloudellisuus suunnistuksessa

Juoksun taloudellisuus on tärkeä ominaisuus suunnistajalle. Juoksumatolla tehdyt taloudellisuusmittaukset eivät kuitenkaan ole hyviä ennustajia suunnistajan juoksun taloudellisuudelle maastossa (mm. Kärkkäinen ym. 1983; Jensen ym. 1994; Tammelin 1995). Kärkkäisen ym. (1983) tutkimuksessa koehenkilöiden vaihtelut laboratoriomittauksissa (VO_{2max} , anaerobinen kynnyks, suorituskyky työkuormana) olivat vain 4 %, kun taas samoilla koehenkilöillä havaittiin vaihtelevassa maastossa suoritettussa juokсутestissä aikaerojen vaihtelevan 4,6-50 %:n välillä. Tutkijat ovat kuitenkin todenneet, että juoksumattotesti on riittävä kuvaamaan kestävyysominaisuuksia ja muutoksia esim. kynnysvauhdeissa. Kynnysvauhtien kehittyminen juoksumatolla kuvastanee myös vauhdin kehittymistä maastossa (mm. Kärkkäinen 1986; Moser ym. 1995; Tammelin 1995; Gjerset ym. 1997).

Jensen ym. (1999) vertailivat tanskalaisten huippusuunnistajien ja -juoksijoiden juoksun taloudellisuutta polulla ja maastossa. Juoksun taloudellisuus (VO_2 / nopeus) polulla oli parempi juoksijoilla (212 ± 14 ml/kg/km) kuin suunnistajilla (217 ± 12 ml/kg/km). Maastossa lukemat olivat taloudellisuuden kannalta toisinpäin eli 305 ± 20 ml/kg/km (suunnistajat) ja 322 ± 33 ml/kg/km (juoksijat). Saman tutkimusryhmän aikaisemmassa juoksun taloudellisuustutkimuksessa, joka tehtiin raskaassa pohjoismaisessa maastossa, Jensen ym. (1994) totesivat suunnistajien etenemisen epätaloudellisemmaksi, sen ollessa 362 ± 18 ml/kg/km, kuin vuonna 1999 tehdyssä tutkimuksessa kevyemmässä tanskalaismaastossa. Molemmilla tutkimuksilla vahvistettiin käsitystä, että hyvä taloudellisuus on huippusuunnistajalle tärkeä ominaisuus. Tutkijat raportoivat eliittisuunnistajien suunnistusjuoksun taloudellisuuden olevan 5 % parempi kuin menestykseltään heikomman ns. subeliittiryhmän suunnistajien. (Jensen ym. 1994.) Myös Larsson ym. (2002) saivat samansuuntaisia

taloudellisuusarvoja ruotsalaisilla huippusuunnistajilla (335 ml/kg/km) maksimaalisen hapenoton ollessa 74 ml/kg/km.

3.5 Huippusuunnistajan ominaisuuksista

Ruumiinrakenteeltaan huippusuunnistajat muistuttavat kestävyysjuoksijoita, jotka ovat normaaliväestöä hieman kevyempiä ja 15-60 % pienemmät rasvavarastot omaavia (Creagh & Reilly 1997). Väisänen (2002) gradututkielmassa todettiin, että menestyäkseen aikuisten arvokilpailuissa maksimaalisen hapenoton tulisi suunnistajalla olla lähes 80 ml/kg/min ja anaerobisen kynnyksen vauhdin noin 3.20 min/km juoksumatolla mitattuna. Kilpailusuorituksen tapahtuessa anaerobisen kynnyksen tuntumassa tai hieman sen yli, on suunnistajalle tärkeää, että anaerobisen kynnyksen suhteellinen taso maksimaalisesta hapenotosta on korkea. Norjalaisilla maajoukkuesuunnistajilla mitattiin anaerobisen kynnyksen tasoksi miehillä 84,3 % ja naisilla 79,8 % maksimaalisesta hapenotosta (Moser ym. 1995).

Mm. Väisänen (2002) käyttää määritelmää *kartanluvun hyötysuhde* vertaillessaan miesten ja poikien välisiä eroja suunnistusvirheiden määrässä. Suomalainen nuori huippusuunnistaja ja aikuinen käyttivät suunnistustoimintoihin 11-12 % kokonaisajasta, mutta pojat tekivät kuitenkin huomattavasti enemmän virheitä (3,21 min vs. 1,43 min) kuin miehet. Kun suunnistustoimintoihin käytetty aika oli samaa luokkaa kuin miehillä, voidaan päätellä, että poikien kartanluku on riittävän nopeaa, mutta miesten kartanluku ja maaston havainnointi tapahtuu selvästi paremmalla hyötysuhteella kuin poikien. Suunnistusjuoksussa poikien kohdalla merkittävimmät erot miehiin tulivat raskaissa ja vaikeimmin edettävissä maastonosissa. Vaikuttaa siltä, että suunnistusjuoksussa on jotain jonka oppii vain kokemuksen ja toistojen kautta. (Väisänen 2002.) Nikulainen (1994) toteaaakin huippusuunnistajan taidollisesta toiminnasta: ”*Tulevaisuuden huippusuunnistaja ei tee virheitä. Hän etenee maksimaalisella suoritusnopeudella optimireittiä riskittömästi*”.

4 GPS-JÄRJESTELMÄN TEKNIikka

4.1 Avaruus

GPS eli Global Positioning System on satelliittipaikannusjärjestelmä, joka kehitettiin alun perin sotilaskäyttöön Yhdysvalloissa. GPS on kuitenkin nopeasti levinnyt maailmanlaajuisesti kaikilla aloilla käytettäväksi paikannus-, seuranta- ja ajastusjärjestelmäksi. GPS:n toiminta perustuu 24 satelliitin, maassa sijaitsevien valvonta-asemien ja vastaanotinten yhteistoimintaan. GPS kattaa koko maailman ja on käytettävissä kaikissa olosuhteissa 24 tuntia vuorokaudessa. GPS-järjestelmä koostuu siis kokonaisuudessaan kolmesta osasta: avaruudesta, valvonnasta ja paikantimista. (Tuomainen 2003.)

4.1.1 Satelliitit

GPS-satelliitit kiertävät maapalloa reilun 21 000 km:n korkeudessa ja joka hetkellä näkyvissä on vähintään kuusi satelliittia. Paikannuksen minimimäärä on kolmen satelliitin signaali, joka tarvitaan tarkkaan paikannukseen. Karkeasti voidaan sanoa, että mitä useamman satelliitin signaali vastaanottimeen tulee sitä tarkemmin se tekee paikantamiseen vaadittavat laskutoimitukset. Maata kiertää tällä hetkellä 28 kappaletta toisen sukupolven Block2-satelliittia, joista käytössä on 24 ja neljä varalla. Satelliitti kiertää ratansa kaksi kertaa vuorokauden aikana. Kiertoratoja (kuva 4) on yhteensä kuusi eli neljä satelliittia kulkee peräkkäin yhdellä radalla. (Miettinen 2002.)



KUVA 4. GPS-satelliittien kiertoradat (Miettinen 2002).

4.1.2 Signaali

GPS:n perusperiaate on yksinkertainen. Järjestelmässä mitataan kuinka kauan satelliitin radiosignaali (0,001 s välein satelliitista) kuluu aikaa saavuttaa GPS-vastaanotin. Etäisyys lasketaan tästä ajasta. Paikannus perustuu satelliittien ja vastaanottimen välisen etäisyyden avulla tehtävään kolmiomittaukseen eli trilateraatioon. (Henttu & Lehtoranta 1993.)

Etäisyyden tarkkaan mittaamiseen tarvitaan erittäin tarkkoja kelloja. Satelliitissa on atomikello, jonka käyntivirhe on pienempi kuin 1sek/ 100 000 vuodessa ja vastaanottimen kellon tarkkuus on 1 nanosekunti (10^{-9} s) (Miettinen 2002). Atomikellot varmistavat kantoaallon taajuuden ja signaalin tasaisuuden. Kellonajat ja varsinkin niiden erot ovat tärkeässä osassa tässä järjestelmässä, ilman tarkkoja kelloja systeemi ei toimisi. GPS-järjestelmän pääkellonaika on Universal Time Coordinated, joka määräytyy Yhdysvaltojen laivaston atomikellon mukaan. GPS-satelliittien kellot näyttävät ns. GPS-aikaa (GPST), jonka tietoja verrataan jatkuvasti järjestelmän pääkelloon ja tällä tavoin pyritään järjestelmän virheettömään tietoon. (Poutanen 1998.)

Radiosignaalin lähetys satelliitista tapahtuu millisekunnin välein. Taulukossa 4 on esitetty GPS-satelliitin radiosignaalin navigointisignaalin sisältö (Poutanen 1998).

TAULUKKO 4. Radiosignaalin navigointiviestin sisältö (Poutanen 1998).

Lohko	Lohkon sisältö
1	GPS-viikon numero, satelliitin kellon korjaukset, datan ikä, satelliitin kunto
2	Satelliitin ratatiedot
3	Satelliitin ratatiedot
4	Satelliittien almanakkatiedot, tietoja ionosfääristä, UTC:n ja GPST:n kellovirheen suuruus ja tieto onko koodi salattu vai ei
5	Almanakkatietoja

4.2 GPS-laite

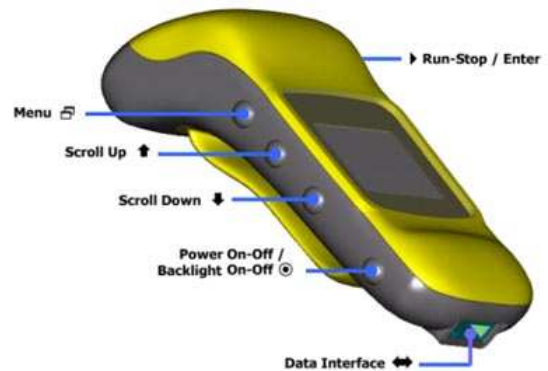
GPS-laitetta kutsutaan satelliittipaikantimeksi tai satelliittinavigaattoriksi. Paikantimia löytyy eri kokoisia käyttötarkoituksesta riippuen. Tavallisimmat laitteet ovat taskukokoisia, matkapuhelinta muistuttavia, mutta on olemassa myös GSM-puhelimia, joissa on GPS (Tuomainen 2003.) Pienimmillään se on muistikortti antennikaapelilla

varustettuna, kun taas kunnollisen maanmittauksessa käytettävät vastaanottimet voivat akkuineen painaa yli 10 kg (Poutanen 1998).

Varsinaisia urheilusuorituksen analysointia varten rakennettuja GPS-laitteita markkinoilta löytyy tällä hetkellä ainakin neljä kappaletta. Toki tavallista GPS-vastaanotinta voi käyttää urheilusuorituksen aikana, mutta niiden soveltuvuus esim. juoksemiseen saattaa olla käyttäjälle epämukava. Esim. Larssonin ym. (2002) suunnistustutkimuksessa laitteet sijoitettiin juoksijan selkään reppuun, mikä ei ollut täysin luonnollinen varustus suunnistajalle ja saattoi häiritä varsinaista suoritusta. Myös tavallisen GPS-laitteen paino on hieman liikkumiseen tarkoitettuja laitteita suurempi. Urheilusuorituksen tallennukseen tarkoitetuissa GPS-laitteissa on yleensä mukana myös muita urheilijalle ja valmentajalle kiinnostavia ominaisuuksia, jotka tuovat suorituksen analysointiin lisäarvoa (esim. sykkeen mittaus, lämpötilavaihtelut, korkeusvaihtelu). Laitteiden mukana seuraa myös laitteelle kehitetty tietokoneohjelma, joka antaa esim. valmentajalle hyvän työkalun suorituksen analysointiin. Kuvissa 5a-d on esitetty neljä markkinoilla olevaa GPS-vastaanotinta, jotka on suunniteltu nimenomaan urheilusuorituksen tallentamiseen:



KUVA 5a. FRWD-recorder (www.frwd.com).



KUVA 5b. SPI 10 (www.gpssports.com).



KUVA 5c. Garmin Forerunner 201 (www.garmin.com).



KUVA 5d. Timex Bodylink (www.timex.com).

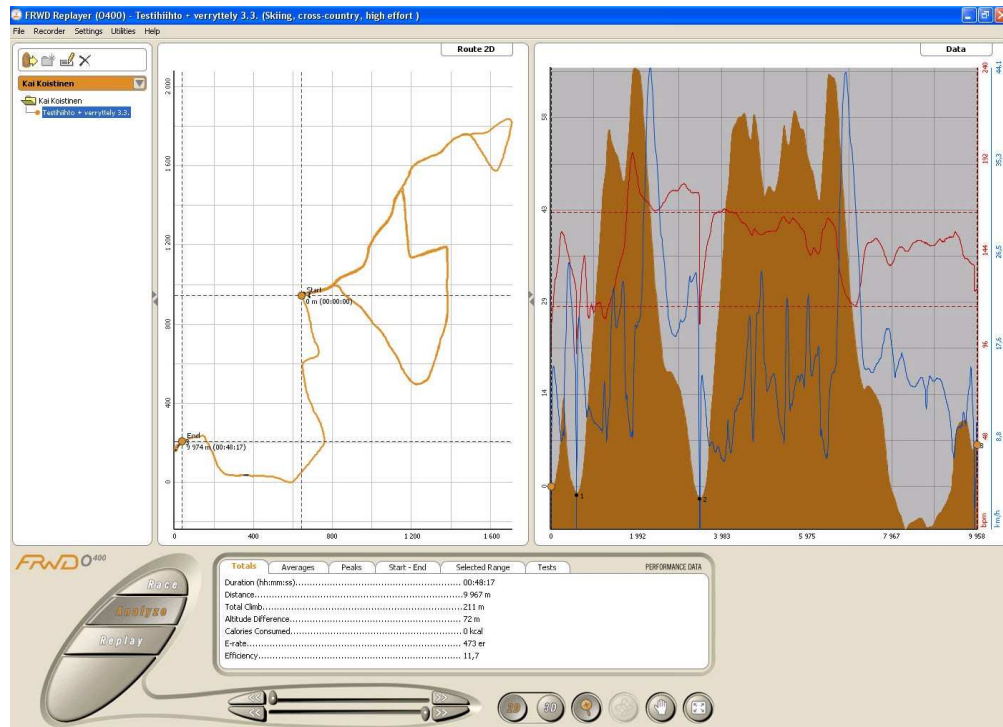
Tallentimet voidaan kiinnittää esim. juoksijan olkavarteen ilman että se häiritsee suorituksen aikana urheilijaa. Kyseisiä laitteita on käytetty mm. seuraavissa lajeissa: soutu, maastopyöräily, ratapyöräily, maahockey, maastohiihto, alppihiihto, suunnistus, rullaluistelu, purjehdus, laskuvarjohyppy ja purjelautailu (www.frwd.com, www.gpssports.com).

4.2.1 GPS-laitteiden ominaisuuksia

Alla on lueteltu GPS-laitteiden (FRWD ja SPI 10) tärkeimpiä ominaisuuksia urheilusuorituksen tallennuksessa (www.frwd.com; www.gpssports.com):

- *nopeus (min/km, km/h, m/s: keskinopeus, maksimi-, miniminopeudet)*
- *aika (tallennusväli 1-5s)*
- *paikka (tarkkuus <3m)*
- *suunta*
- *korkeus (kulmamuutokset/ maaston jyrkkyys/korkeusprofiilit)*
- *ulkolämpötila*
- *ilmanpaine*
- *arvio energiankulutuksesta*
- *jännityslukema (excitment-rate)*
- *syke (suorituksen tehoaluiden jakaumat, keski-, maksimi- ja minimisykkeet)*

Laitteiden antamien tulosten käsittely riippuu hyvin pitkälti tietokoneohjelmasta, jolla tuloksia analysoidaan. Kuvassa 6 on FRWD-laitteen havainnollinen kuva hiihtosuorituksesta:



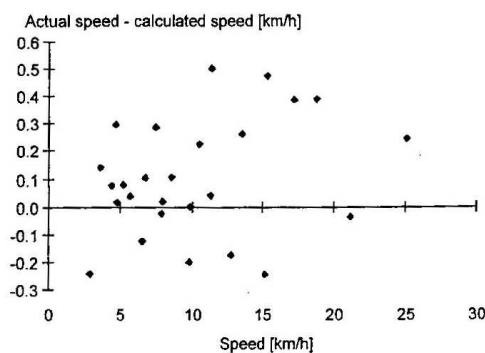
KUVA 6. GPS:n (FRWD) antama hiihtosuoritus reittigrafiikkana.

4.2.2 Satelliittipaikannuksen tarkkuus

Ihmisen liikkumista koskevat GPS-tutkimukset ovat käyttäneet pääasiassa differentiaali GPS:ä (DGPS). DGPS perustuu maassa olevaan tukiaseman, satelliittien ja GPS-vastaanottimen yhteistoimintaan. Tukiaseman avulla GPS-vastaanotin pystyy vähentämään mahdolliset virheet, joita esim. signaalin heijastumisesta voi tulla (Tuomainen 2003). Tällä menetelmällä on päästy tutkimaan mm. kehon vertikaalista liikettä kävelyn aikana, jolloin GPS-tieto on ollut senttimetrin tarkkaa (mm. Terrier ym. 2001). Tavallisia ns. urheilusuorituksen tallentimia, joita on markkinoilla muutamia, tutki Töyrylän (2004) testiryhmä. Näillä laitteilla päästiin 95,2 – 99,5 % tarkkuuteen 3,922 kilometrin testiradalla. Huomattakoon, että kilometrin matkalla tulos olisi ollut vielä tarkempi. (Töyrylä 2004.)

Monet liikuntatieteelliset tutkimukset, joissa GPS-laitteita on käytetty, ovat keskittyneet juuri mittaustiedon tarkkuuden ja luotettavuuden käsittelyyn. Koska nopeuden mittaaminen on yksinkertainen toimenpide kellon avulla, voidaan GPS:n antamaa

nopeusdatan tarkkuutta ja luotettavuutta helposti vertailla. Larssonin ym. (2002) tutkimuksessa nopeuden variaatiokerroin kellolla mitattuun nopeuteen oli 0,9995-0,9996 ja keskimääräinen GPS:n etäisyys ja paikkatietovirhe oli 0,04-0,7% ja 1,94-2,13 metriä. Kuvasta 7 nähdään Schutzin ja Herrenin (2000) nopeusmittaustuloksia differentiaali GPS:llä. Todellinen nopeus on laskettu manuaalisesti kellon ja mittanauhan avulla ja todellista nopeutta on verrattu DGPS:n antamaan nopeuteen. Tyypillinen virhe erilaisilla juoksunopeuksilla on noin 0,1m/s luokkaa, mitä voidaan pitää erittäin luotettavana mittaustuloksena. Tutkijat huomioivat, että kellollakin manuaalisesti mitattu aika voi heittää 0,2-0,3 sekuntia. (Schutz & Herren 2000.)



KUVA 7. DGPS:llä mitattu nopeus verrattuna kellolla mitattuun (Schutz & Herren, 2000).

Syketiedon mittaustarkkuus GPS-laitteilla on +1 bpm luokkaa. Koska syketiedon analysointi monilla GPS-laitteilla tapahtuu vasta tietokoneohjelmalla eikä laitteen näytöllä, voidaan syketiedon tarkkuutta pitää parempana kuin monilla sykemittareilla (www.frwd.com). Sykemittareilla päästään nykyään jopa millisekunnin tarkkaan sykkeen vaihtelun mittaukseen (Ruha ym. 1997), joten sykkeen mittauksen osalta yhden lyönnin tarkkuus gps-laitteella on nykyajan menetelmin tarkka.

4.2.3 Häirintä ja virheet

Alunperin GPS suunniteltiin Yhdysvaltain puolustusministeriön toimesta sotilaskäyttöön. GPS:n suosio kasvoi laajasti, kun Yhdysvaltain presidentin päätöksellä satelliittien signaalin tahallinen häirintä (SA=Selective Availability) poistettiin 1.5.2000. Tällöin GPS:n tarkkuus parani noin 100 metristä alle 10 metriin. SA on GPS:n sisään rakennettu järjestelmä ja sen tarkoituksena on, että siviilihenkilöt eivät saa yhtä tarkkaa paikannustulosta kuin sotilaat. SA perustuu atomikellojen manipulointiin eli sillä luodaan tavallinen kellovirhe, joka huonontaa satelliittien ratatietoja ja näin ollen vääristää signaalin kulku-aikaa. Mainittakoon, että Yhdysvaltain puolustusministeriö voi käynnistää häirintäjärjestelmän takaisin päälle milloin tahansa. (Miettinen 2002.)

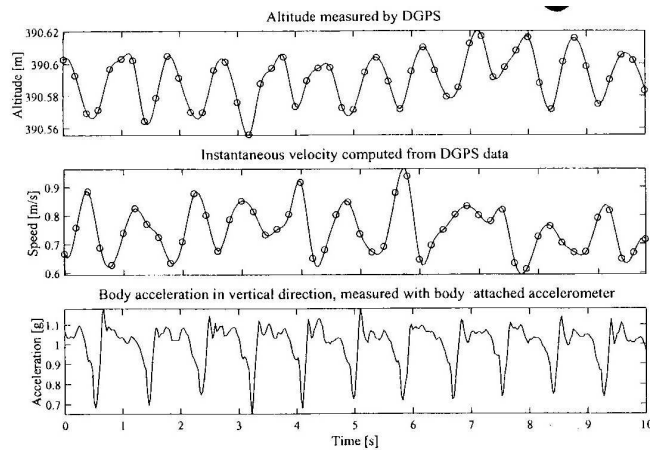
Jäljellä on kuitenkin muutamia virhelähteitä, joiden seurauksena tavallisella GPS-paikantimella ei ole mahdollista päästä 2-3 metriä tarkempaan tulokseen (Miettinen 2002). Virhettä paikannuksen tarkkuuteen aiheuttavat erilaiset katvealueet, kuten tiheä metsä, alikulkutunnelit, korkeat rakennukset, luolat, sisätilat ja veden pinnan alapuolen taso (Schutz & Herren 2000). Monitieheijastus on ilmiö, joka aiheutuu esim. veden pinnan, seinän tai muun signaalia heijastavan pinnan seurauksena. Signaali tulee tällöin heijasteena ja saattaa aiheuttaa 10-20 metrin, jopa suuremman virheen. (Miettinen 2002.)

Töyrylän (2004) testiryhmä havaitsi, että GPS toimii sitä paremmin mitä suurikokoisempi vastaanotin oli. Myös suorituksen alussa käyttäjän tulee antaa vastaanottimelle aikaa satelliittien paikannukseen. Eli suoritukseen lähdetessä GPS vaatii aina vähintään muutaman minuutin hakeakseen yhteyden satelliitteihin. Mitä pidempään vastaanottimen ennen suoritusta antoi olla paikallaan, sitä tarkempi oli mittaustulos. (Töyrylä 2004).

5 GPS:N KÄYTTÖ LIIKUNTATIETEISSÄ

Liikuntatieteissä GPS-paikannuksen tuomia hyötyjä ei ole vielä laajasti hyödynnetty. Fysiologiset ja biomekaaniset mittaukset vaativat yleensä suurta tarkkuutta, joten tuhansien kilometrien päässä olevat satelliitit ja niiden antama tieto saattaa aluksi kuulostaa hyvinkin epämääräiseltä. Lisäksi markkinoilla on ollut vasta muutaman vuoden GPS-vastaanottimia, jotka kokonsa ja painonsa vuoksi sopivat kannettavaksi vauhdikkaaseen urheilusuoritukseen.

Liikuntatieteellisiä GPS-tutkimuksia on tehty noin kymmenisen kappaletta vuoteen 2005 mennessä. Ulkoilma olosuhteissa GPS:n avulla päästään seurantaan sellaisissa paikoissa, joissa ennen liikkumisen seuranta on ollut lähes mahdotonta. Tällaisia urheilumuotoja ovat erilaiset laajalla alueella tapahtuvat urheilumuodot, esimerkkeinä mainittakoon suunnistus ja hiihto. GPS-tekniikkaa ovat hyödyntäneet mm. Larsson ym. (2002), jotka tutkivat suunnistajien kulkemia matkoja ja nopeuksia suunnistussuorituksen aikana maastossa. Terrier ym. (2001) tutkivat GPS:n mahdollisuuksia ulko-olosuhteissa tapahtuvassa biomekaanisissa mittauksissa mitaten GPS:n avulla mm. askelpituutta ja -frekvenssiä. Tutkijoiden mukaan GPS-tekniikka oli hyvä ja tarkka tapa selvittää esim. kävelyn sykliä ja vartalon vertikaalista liikettä (Terrier ym. 2001). Liikkumisen biomekaanista analyysiä tehdessään DGPS:n avulla Terrier ym. (2001) muistuttivat kuitenkin, että GPS ei tule syrjäyttämään tarkkaa liikkumisen videoanalyysiä. Kuvassa 8 on esitetty differentiaali GPS:llä mitatut kehon vertikaalimuutokset sekä nopeus. Kuva osoittaa, että DGPS on myös vertikaalisuunnassa hyvä tapa mitata kehon liikettä.



KUVA 8. Kymmenen sekunnin kävelyn korkeusvaihtelu, nopeus käyttäen DGPS:ä ja kiihdytinmittaria nopeudella 0,75m/s (Terrier ym. 2001).

5.1 Satelliittipaikannuksen käytön ongelmat liikkumisen seurannassa

Kuten aikaisemmin todettiin, GPS-signaali on altis häiriöille, kun signaali tulee kaukaa 21 000 km:n etäisyydeltä avaruudesta. Erilaiset katvealueet, kuten rakennelmat, tunnelit ym. aiheuttavat signaalikatkoksia, mikä heikentää GPS:n käyttöä tietynlaisissa olosuhteissa. Myös sisähalleissa esim. pallopeleissä tai juoksemisessa GPS:n käyttö on mahdotonta. Täytyy myös muistaa, että GPS on elektroninen laite, joka pysyäkseen käynnissä tarvitsee sähköä. Useimmat GPS-laitteista käyvät tavallisella pyöreällä AA-paristolla tai ladattavalla akulla. Kylmyys vaikeuttaa GPS:n käyttöä ulkoilmaolosuhteissa juuri paristojen nopean virran ehtymisen vuoksi (Miettinen 1998).

5.2 Satelliittipaikannuksen tulevaisuus urheilututkimuksessa

Tulevaisuus tuonee tullessaan mielenkiintoisia sovelluksia satelliittipaikannuksen saralle. Theiss ym. (2004) korostavat liikemaailman osuutta alan kehityksessä melko suureksi. Alat, joilla liikkuu iso raha, kuten kuljetus- ja metsäteollisuus sekä liikenne-, matkailu- ja turvallisuusalat tulevat kasvamaan ja kehittymään vielä suuresti laitteiden ja sovellusten osalta. Liikuntatieteellistä tutkimusta ajatellen laitteiden kehittämisen kannalta ensiarvoisen tärkeää on edelleen testata niiden tarkkuutta ja luotettavuutta. (Theiss ym. 2004.)

Larsson & Henriksson-Larsenin (2001) mukaan yksi pääkysymys on myös miten hyödyntää GPS:n tuomaa nopeuden mittaustekniikkaa käytännössä. Nopeushan on parametri, joka antaa mahdollisuuden laskea mm. vaadittavaa kineettistä energiaa kehon liikuttamiseen tai vaikka ilmanvastuksen vaikutusta juoksuun. Fysiologian kannalta nopeuden avulla voidaan ennustaa energiankulutusta juoksun aikana yhdessä henkilön kehon painon ja taloudellisuuden kanssa. Larsson & Henriksson-Larsenin (2001) tutkimuksessa tutkijat yhdistivät kannettavan hengityskaasuanalysointorin GPS-mittaukseen, jolloin suorituksesta oli hyvin analysoitavissa mm. juoksijoiden taloudellisuus. (Larsson & Henriksson-Larsen 2001.) Nykyään markkinoilla olevat erilaiset kiihdytinanturit yhdessä GPS:n, kevyiden kannettavien hengityskaasuanalysointorien ja videokuvauksen kanssa voivat tuoda ulkoilmassa tapahtuvaan fysiologiseen testaukseen uusia ulottuvuuksia (Larsson 2003). Tällöin urheilijalta voidaan analysoida monia fysiologisia ja biomekaanisia muuttujia hyvinkin tarkasti ja luotettavasti.

Tekniikan osalta laitteet tulevat lähitulevaisuudessa kehittymään huimasti. Laitteisiin tullaan liittämään sykemittareita yhdessä nopeuden kanssa kynnysten arvioimiseksi tai jopa epäsuoria hengityskaasuanalysointoreita. Lisätutkimuksia kuitenkin tulee tehdä tämän ”uuden hightech” tekniikan kanssa urheilufysiologian, lääketieteen kuin myös kuntoutuksen sarjoilla. Luultavasti suorituksenaikainen online -seuranta tulee myös lähivuosina mahdolliseksi, kun mm. laitteiden virtalähteiden tekniikka edelleen kehittyy. (Larsson & Henriksson-Larsen 2001.) Larsson (2003) esittää GPS-tekniikan hyväksikäyttöä mm. kuntoutuksessa, jolloin GPS:llä voidaan havaita sydänpotilaan sykemuutokset kuntoilun aikana ja havainnollistaa esim. maastoprofiilien vaikutus sydämen toimintaan.

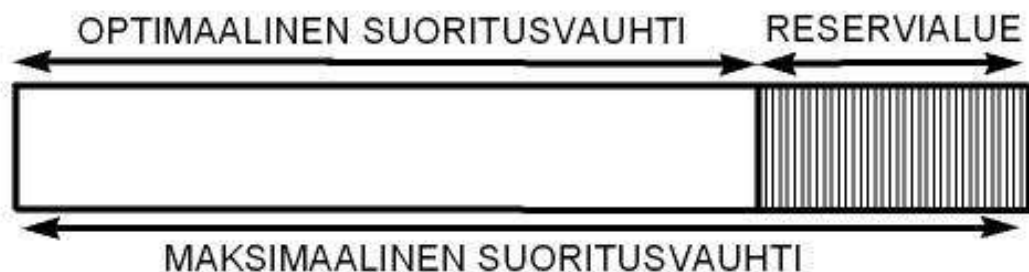
Tarkkuus ja luotettavuus yhdessä käyttömukavuuden ja hinnan kanssa muodostavat liikunnan harrastajille ne tärkeimmät ominaisuudet, jotka ratkaisevat liikunnanharrastajan GPS-hankinnan (Töyrylä 2004). Sykemittarin yleistyminen 90-luvun alusta huippu-urheilijoilta tavalliselle kuntoilijalle osoitti, että ihminen kiinnostuu ja tulee käyttämään erilaisia liikkumiseen käytettäviä teknologisia vempaimia, kun niitä on tarpeeksi edullisesti saatavilla. Käykö GPS-nopeusmittareille samoin ja mikä sen rooli liikuntatieteellisessä tutkimuksessa on vuonna 2025 jää nähtäväksi.

6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Tämän tutkimuksen yhtenä tavoitteena on saada tietoa kevyen GPS-laitteen (FRWD Technologies Ltd.) soveltuvuudesta suunnistuksen lajisuorituksen analysointiin maasto-olosuhteissa.

1.hypoteesi: Kevyt kannettava GPS-laite toimii pohjoismaisissa maastoissa suunnistussuorituksen analysointilaitteena.

Suunnistajan maksimaalinen suoritusvauhti on vauhti, jolla suunnistaja kiertää viitoitetun suunnistusradan mahdollisimman nopeasti. Optimaalinen suoritusvauhti on täysin onnistuneen suunnistussuorituksen vauhti. Suunnistuksen reservialueeksi kutsutaan näiden erotusta, minkä pienentäminen on jokaisen suunnistajan tavoite. Suunnistuksen reservialueen toimintoihin liittyy kaikki suunnistustekninen toiminta (kartanluku, maaston havainnointi, välinetekniikka). Kuva 9 havainnollistaa suunnistajan etenemisvauhtiin liittyviä käsitteitä. (Kärkkäinen 1986.)



KUVA 9. Suunnistussuorituksen vauhdin säätelyyn liittyviä käsitteitä (Kärkkäinen 1986).

Kärkkäisen (1986) ja Väisäsen (2002) pro gradu-tutkimuksissa keskityttiin suunnistuksen reservialueen suuruuden määrittämiseen. Kärkkäinen (1986) selvitti suunnistajien reservialueen vaikutusta etenemisnopeuteen radan eri vaiheissa. Väisänen (2002) vastaavasti vertaili miesten ja poikien reservialueen suuruutta ja kokemuksen osuutta suunnistusteknisiin toimintoihin.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää suunnistajan etenemisnopeuksia suunnistusradan eri vaiheissa ja varsinkin suunnistustehtävän vaikeimmassa paikassa – rastia lähestyttäessä ja rastilta lähdettäessä. Suunnistusteknisten toimintojen (kartanluku, maaston havainnointi, välinetekniikka, rastinotto, suunnitelman teko) painottuessa juuri rastin läheisyyteen GPS-laitteen antaman tiedon perusteella on tarkoitus vastata seuraaviin tutkimusongelmiin:

2. hypoteesi: Aikuiset kulkevat maastossa lyhyemmän matkan kuin nuoret suunnistajat.
- 3.hypoteesi: Nuorten suunnistajien suunnistustaito ja -tekniikka (rastille tulo ja lähtö) ovat heikompia kuin aikuisilla.
- 4.hypoteesi: Nuorten suunnistussuoritus syketasoltaan on vaihtelevampi kestävyysuoritus kuin aikuisten suoritus.

Lisäksi tulosten avulla pyritään hakemaan virikkeitä jatkotutkimukseen ja hakemaan vastausta voisiko GPS-tekniikkaa käyttää yhtenä lajispesifinä mittausmenetelmänä. Fysiologisia lisämuuttujia tutkimukseen tuo laktaattimittaus, jonka avulla selvitettiin suunnistus- ja suunnistusjuoksusuoritusten kuormittavuuden eroa.

7 MENETELMÄT

7.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui yhteensä 115 henkilöä. Suunnistustaustaltaan henkilöillä oli 3-22 vuoden kokemus lajista. Koehenkilöt saivat vapaaehtoisesti kantaa suorituksiensa aikana GPS-vastaanotinta ja heitä informoitiin tulosten tutkimuskäytöstä. Iältään suunnistajat olivat 15-40 –vuotiaita. Koehenkilöiden syntymävuosi selvitettiin, jonka perusteella heidät jaettiin ikäryhmiin. Antropometrisiä mittauksia tai kyselyjä ei suoritettu.

7.2 Koeasetelma

Mittaukset suoritettiin neljässä osassa keväällä ja kesällä 2004 sekä keväällä 2005. Ensimmäiset mittaukset suoritettiin Ahvenanmaalla keväällä 2004: 30.3. ja 1.4., johon osallistui 45 koehenkilöä. Tälle ryhmälle suunnistuskilpailun lisäksi tehtiin suunnistusjuoksutesti samalla radalla kuin suunnistuskilpailu tutkimuksen toisena päivänä. Kaksiosaisen testin Ahvenanmaalla teki yhteensä 32 henkilöä. Taulukossa 5 on eritelty mittauksen henkilömäärät ja sukupuolet ikäryhmittäin (H=mies, D=nainen). Toinen mittauskerta suoritettiin 1.6. Jyväskylän maalaiskunnassa Ilvesvuoren maastossa ja kolmas mittaus 10.6. Kuortaneella Rumavuoren maastossa. Nämä testit tehtiin Suomen Suunnistusliiton valtakunnallisen oravapolkuleirin yhteydessä pidetyssä taitotestisuunnistuksessa. Neljäs testikerta suoritettiin Norjassa, Haldenissa 28.-29.3.2005 vaativassa norjalaismaastossa ja tähän testiin osallistui seitsemän koehenkilöä. Haldenin testissä koehenkilöt suorittivat Ahvenanmaan testien mukaisesti suunnistuskilpailun ja suunnistusjuoksutestin ja heiltä mitattiin myös maitohapot radalta kahdessa maastonkohdassa: lyhyen ylämäkijakson jälkeen sekä radan päätteeksi tasaisen kallio-osuuden jälkeen. Kaikkien testiratojen tarkempia ratatietoja on esitelty taulukossa 6.

TAULUKKO 5. Koehenkilömäärät eri mittauskertoina ikäryhmittäin. H=(herrarna) miehet, D=(damerna) naiset

Paikka	Koehenkilöt (n)	H15-18	D15-18	H18-21	D18-21	H21-	D21-
Ahvenanmaa	45	9	10	12	8	5	1
Jkl mlk	32	19	13	-	-	-	-
Kuortane	31	15	16	-	-	-	-
Halden	7	-	-	-	-	6	1
Yhteensä	115	43	39	12	8	11	2

TAULUKKO 6. Mittauskertojen rata-, kartta- ja säätiedot.

pvm	Ratatiedot	Matka	Rastit	Kartta	Sää
31.3./1.4.	Ahvenanmaa	3380m	12	Båtmansberget v.2000, 1:10 000	+5, selkeää
1.6.	Jkl mlk	3960m/3390m	11/12	Ilvesvuori v.2001, 1:10 000	+16, pilvistä
10.6.	Kuortane	3550m	14	Rumavuori v.2004, 1:10 000	+14, selkeää
28.3./29.3.	Halden	3550m	10	Lommetjern v.2000, 1:15 000	+8, selkeää

7.3 Aineiston keräys ja analysointi

Aineiston keräyksessä syke- ja paikkatiedon (=nopeus ja matka) osalta käytettiin FRWD:n (FRWD Technologies Ltd.) 0⁴⁰⁰ GPS-laitetta. GPS laite asetettiin koehenkilöiden olkavarteen (kuva 10) laitteessa olevan kiristysnauhan avulla tai selkään erillisen liivin avulla (kuva 11). Laitteen paino on 87g ilman paristoja. Paristojen ja kiristysnauhan kanssa paino on 150g. Laitteen tallennusväliksi asetettiin yksi sekunti. Koehenkilömäärän runsaudesta johtuen lopullisiin tulosten tarkasteluun otettiin ainoastaan rastiväleittäin täydelliset gps-signaalit. Rastivälejä, joilla esiintyi signaalikatkoksia, ei näin ollen huomioitu analysoinnissa.

Sykemittarien vastaanotinvyöt olivat pääsääntöisesti koehenkilöiden omia vöitä. Laitevalmistajan antaman ohjeen mukaan gps-laite rekisteröi sykkeen kaikilta yleisimmiltä sykevöiltä, joten omien sykevöiden käyttö katsottiin mahdolliseksi. Sykkeen lähetinvyö kiinnitys kehoitettiin laittamaan tarpeeksi tiukalle rintakehälle, jotta syketalointi onnistuu.

Ennen suunnistussuorituksen alkua gps-laite kiinnitettiin koehenkilön olkavarteen tai liivi selkään noin viisi minuuttia ennen lähtöä ja todettiin laitteen pysyminen tukevasti paikallaan. Lähtöhetkellä koehenkilö sai kartan ja avustaja laittoi gps-laitteen tallennuksen päälle. Syke ja gps-tiedot purettiin välittömästi mittausten jälkeen tietokoneelle laitevalmistajan omaa ohjelmaa (FRWD F500 Replayer 2.1 algorithm version 1.3.5) käyttäen. Aineiston analysointi suoritettiin kuljetun matkan osalta FRWD F500 Replayer 2.1 –ohjelmaa käyttäen. Koehenkilöiden syke- ja nopeusdatat analysoitiin Microsoft Excel –ohjelmaan rakennettujen makrojen avulla. FRWD F500 Replayer –ohjelman paikkatiedon tekstitiedostoista.

Laktaattinäytteet kerättiin sormenpääverinäytteestä Lactate Pro LT-1710 laktaattimittarilla Haldenin testikerralla keväällä 2005. Koehenkilöiltä otettiin laktaattinäyte suorituksen puolivälissä jyrkän ylämäen päällä sekä suorituksen maalissa.



KUVA 10. GPS-laite kiinnitettynä olkavarteen.



KUVA 11. GPS-laite kiinnitettynä selkään erillisen liivin avulla.

7.4 Tilastollinen käsittely

Tilastollinen analyysi suoritettiin Excel -taulukkolaskentaohjelman avulla. Koehenkilöryhmät muodostettiin iän ja sukupuolen perusteella. Ikä määräytyi koehenkilön tutkimusvuonna täyttämän iän mukaan. Nopeusyksikkönä käytettiin m/s. Ryhmien keskiarvoja vertailtaessa tilastollisia eroja tutkittiin kaksisuuntaisella t-testillä ja muuttujien yhteyttä toisiinsa Pearsonin korrelaatiokertoimella. Tilastollisen merkitsevyyden kuvaamisessa symbolin (*) lukumäärä kuvaa tilastollisen merkitsevyyden suuruutta seuraavasti: * = $p \leq 0,05$; ** = $p < 0,01$ ja *** = $p < 0,001$.

8 TULOKSET

8.1 GPS-signaali

Tutkimuksessa käytetty FRWD-Technologies Ltd:n O⁴⁰⁰ GPS-laitteen soveltuvuus suunnistussuorituksen analysointiin oli yksi tutkimuskohteista. Laitteen signaalin häiriöttömyys ja katkeamattomuus olivat edellytyksenä rastivälin mittauksen onnistumiselle. Taulukossa 7 on esitetty kaikki rastivälit, jotka on juostu laitteen kanssa. Taulukossa on eritelty sekä hyväksytyt rastivälit että rastivälit, joissa oli pienikin signaalipoikkeama tai katkos.

TAULUKKO 7. GPS:n hyvät ja huonot signaalit mittauskerroittain prosenttiosuuksina.

Mittauskerta	Rastivälejä (kpl)	Hyvä(%)	Epäkelpo(%)
Ahvenanmaa 1	515	57,1	42,9
Ahvenanmaa 2	442	77,6	22,4
Kuortane	465	86,0	14,0
Jyväskylän mlk	384	33,9	66,1
Halden 1	96	100	0
Halden 2	90	100	0
YHTEENSÄ	1992	1353	639
%-osuus		67,9	32,1

8.2 Etenemisnopeudet ja -matkat sekä sykkeet ikäryhmittäin

Etenemisnopeudet, -matkat ja sykkeet vaihtelivat ikäryhmien välillä. Taulukkoon 8 on eritelty eri testikertojen suunnistajien kuljettu matka GPS-laitteella mitattuna. Taulukossa 9 on esitetty lukuarvoina em. arvot keskihajontoineen. Kuljettua matkaa on havainnollistettu kuvassa 12 ryhmän H15-18 osalta kahdessa eri suorituksessa: suunnistus- ja suunnistusjuoksuosuorituksessa.

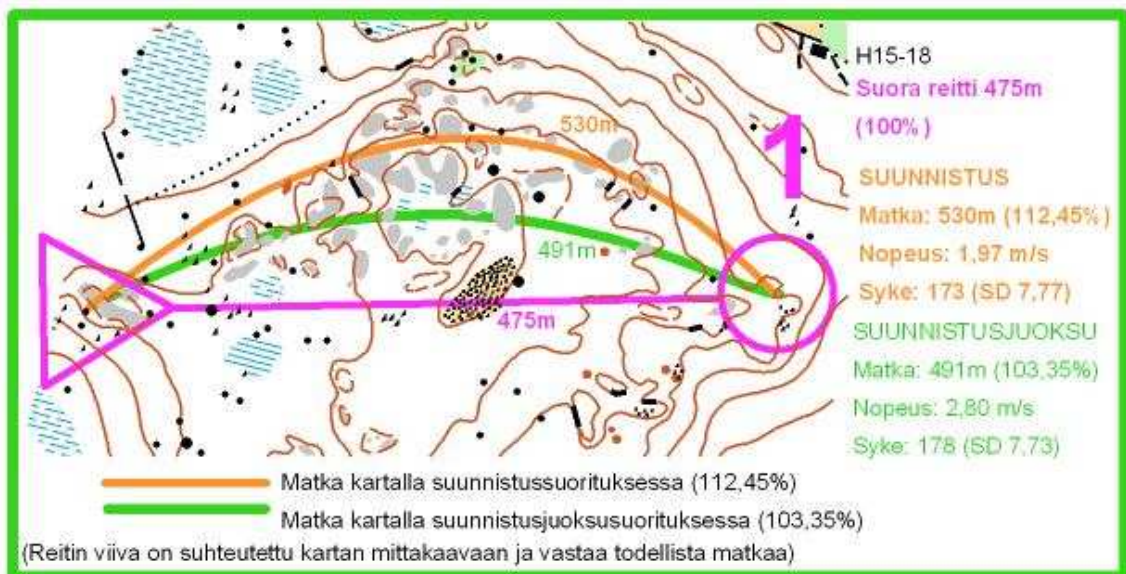
TAULUKKO 8. Kuljettu matka eri maastoissa

Kuljettu matka eri maastoissa ikäryhmittäin (100%=suora reitti)

	H15-18	D15-18	H18-21	D18-21	H21	D21
Ahvenanmaa 1	112,39	108,96	114,67	116,03	107,16	108,78
Ahvenanmaa 2	103,06	102,29	107,71	112,30	104,09	103,27
Kuortane	111,51	110,95	-	-	-	-
Jyväskylän mlk	107,63	110,22	-	-	-	-
Halden 1	-	-	-	-	111,00	111,52
Halden 2	-	-	-	-	108,60	106,35

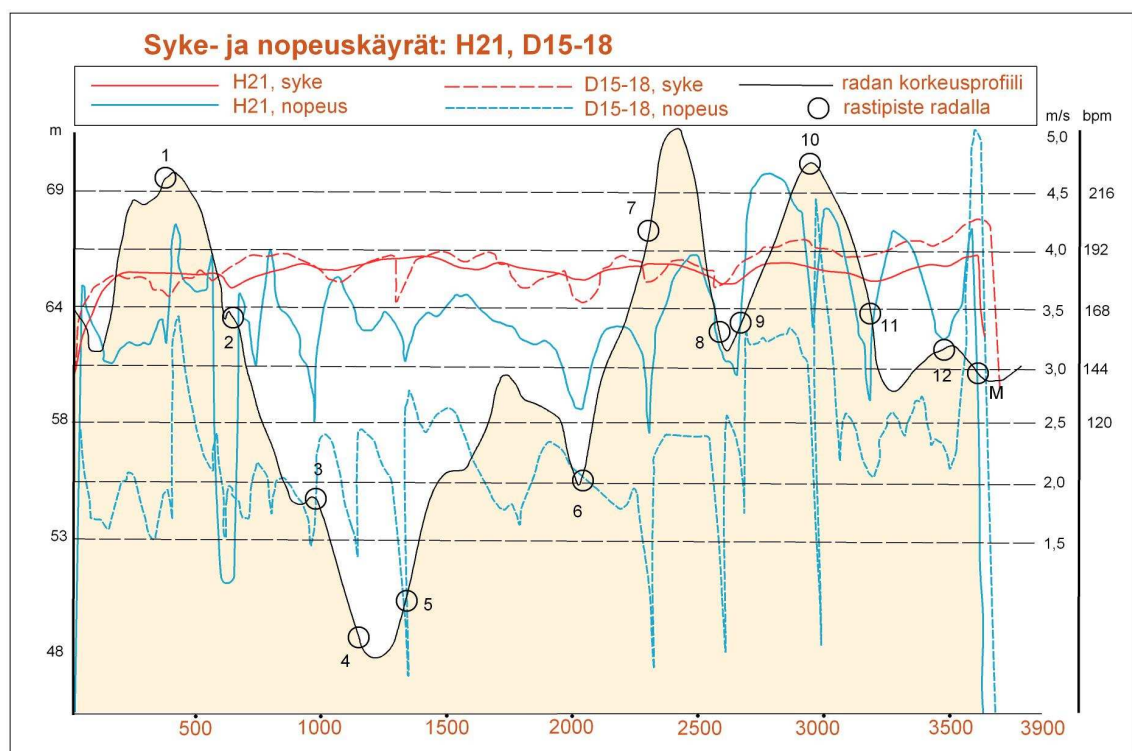
TAULUKKO 9. Etenemisnopeudet, -matkat ja sykkeet ikäryhmittäin suunnistus- ja suunnistusjuoksuosuorituksissa. N= analysoitujen rastivälien määrä (suluissa eri henkilöiden määrä).

Suunnistussuoritus						
Ryhmä	n (hlöä)	matka % suorasta reitistä	ka.vauhti (m/s)	ka.syke	SD (syke)	SD(nopeus)
H15-18	114 (8)	112,45	1,97	173	8	0,66
D15-18	153 (9)	110,71	1,65	176	8	0,50
H18-21	112 (9)	114,67	2,40	171	7	0,94
D18-21	97 (7)	116,03	1,97	182	4	2,19
H21	106 (9)	110,13	2,78	173	9	0,61
D21	26 (2)	111,16	2,24	169	8	0,57
H=miehet, D=naiset						
Suunnistusjuoksuosuoritus						
Ryhmä	n(hlöä)	matka % suorasta reitistä	ka.vauhti (m/s)	ka.syke	SD(syke)	SD(nopeus)
H15-18	54 (4)	103,06 **	2,80**	178	8	0,48*
D15-18	54 (4)	102,29 ***	2,61***	192***	7**	0,57**
H18-21	139 (9)	107,71 ***	2,94**	178*	8*	0,54*
D18-21	67 (5)	112,30 *	2,15	185	2	2,22
H21	86 (6)	108,27	2,99	178	7	0,58
D21	26 (2)	105,38 **	2,83	183***	8*	0,42**



KUVA 12. Ryhmän H15-18 havainnollistettu kuva kahden eri suorituksen kulkemista matkoista. Reitit ovat oikeassa suhteessa suoran reitin kanssa.

Kuvassa 13 on esimerkkisuoritukset menestyneen H21-sarjalaisen ja D17-sarjalaisen kansallisen kärkitason suunnistajan nopeus- ja sykekäyrät.



KUVA 13. Esimerkkikäyrät (syke ja nopeus) sekä radan korkeusprofiili rasteineen H21- ja D17-ikäisiltä.

8.3 Suunnistustaitonopeudet

Suunnistustaitonopeuksilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa suunnistajan tulo- ja lähtönopeutta rastille. Nopeudet analysoitiin 20 sekunnin matkalta ennen ja jälkeen rastilla käynnin. Tarkoituksena oli selvittää hypoteesin 3:n tutkimusongelmaa tarkemmin: ”Nuorten suunnistajien suunnistustaito ja -tekniikka (rastille tulo ja lähtö) ovat heikompia kuin aikuisilla.” Taulukossa 10 on esitetty ikäryhmien ns. suunnistustaitonopeudet.

TAULUKKO 10. Suunnistustaitonopeuksia. Nopeudet 20s ennen rastilla käyntiä sekä 20s käynnin jälkeen.

Ryhmä	Tulonopeus	ero ka.	Lähtönopeus	ero ka.	ka.vauhti
H15-18	1,89	0,08	1,96	0,01	1,97
D15-18	1,50	0,15	1,53	0,12	1,65
H18-21	2,19	0,22	2,36	0,05	2,40
D18-21	1,87	0,10	1,90	0,07	1,97
H21	2,65	0,13	2,96	-0,18	2,78
D21	1,96	0,28	2,13	0,12	2,24

Taulukossa 11a on esitetty suunnistustaitonopeuksien prosentuaaliset erot rastivälien keskivauhteihin sekä suunnistussuorituksessa että suunnistusjuoksusuorituksessa. Taulukkoon 11b on puolestaan eritelty ryhmittäin suunnistustaitonopeuden muutos kahden eri suorituksen välillä.

TAULUKKO 11a. Suunnistustaitonopeuksien prosentuaaliset erot rastivälin keskivauhtiin kahdessa eri suorituksessa.

Prosentuaaliset muutokset tulo- ja lähtönopeuksissa: SUUNNISTUS

Ryhmä	MUUTOS % tulo- vs. ka.vauhti	MUUTOS % lähtö- vs. ka. vauhti
H15-18	-4,1	-0,2
D15-18	-10,3	-8,0
H18-21	-9,9	-2,0
D18-21	-5,3	-3,8
H21	-5,0	6,0
D21	-14,4	-5,5

Prosentuaaliset muutokset tulo- ja lähtönopeuksissa: SUUNNISTUSJUOKSU

Ryhmä	MUUTOS % tulo- vs. ka.vauhti	MUUTOS % lähtö- vs. ka. vauhti
H15-18	-4,6	2,7
D15-18	-1,4	2,2
H18-21	-6,2	-3,4
D18-21	-6,3	-5,7
H21	-8,2	6,1
D21	-15,0	-12,4

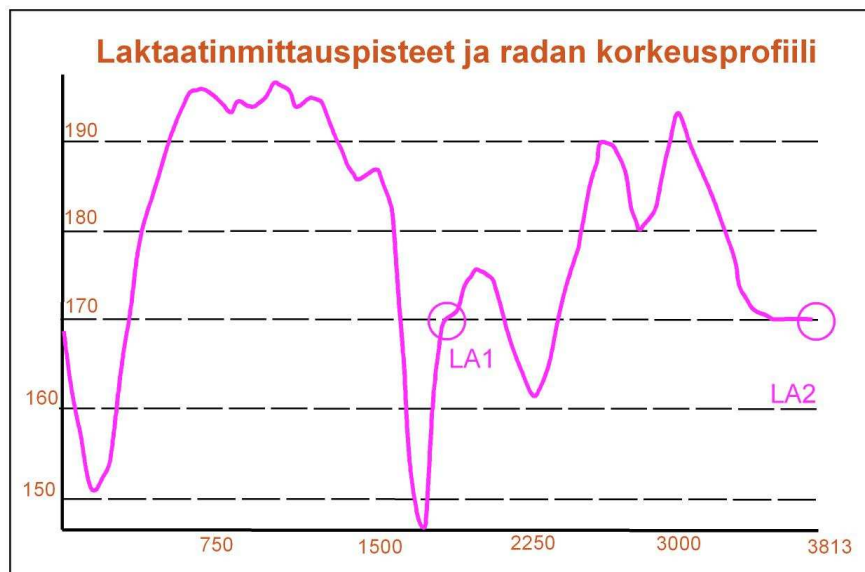
TAULUKKO 11b. Suunnistustaitonopeuksien erot kahdessa eri suorituksessa.

Suunnistustaidon nopeus: Suunnistusjuoksu vs. Suunnistus

	muutos/tulo (m/s)	p	muutos/lähtö (m/s)	p
H15-18	0,79	***	0,91	***
D15-18	1,08	***	1,14	***
H18-21	0,58	**	0,49	**
D18-21	0,15	*	0,14	ns
H21	0,12	ns	0,23	*
D21	0,50	*	0,39	**

8.4 Laktaattipitoisuudet

Suunnistajien veren laktaattipitoisuuksia mitattiin Haldenin suunnistus- ja suunnistusjuoksutesteissä. Radan korkeusprofiili havainnollistaa laktaatin ottopisteet kuvassa 14 ja taulukko 12 koehenkilöiden laktaattiarvot kahden eri testikerran välillä. Rataprofiilista voi todeta, että laktaatinmittauspisteet sijaitsivat jyrkähkön notkon päällä sekä alamäkiosuuden päätteeksi.



Kuva 14. Laktaatinmittauspisteet Haldenin testikerralla

Taulukosta 12 nähdään myös mittauskertojen ajat, matkat, sykkeet sekä parannus suunnistus ja suunnistusjuoksupäivien välillä. Rata A tarkoittaa matkaa ensimmäiseen laktaatin mittauspisteeseen (LA1) ja Rata B laktaatin toiseen mittauspisteeseen (LA2). Alemmassa taulukossa (s.40) on esitetty laktaatin vaihteluvälit koehenkilöiden välillä.

TAULUKKO 12. Laktaatti- ym. arvoja, maasto: Halden.

Ka:t	Rata A					Rata B				
n=7	LA 1	Matka	Aika	Vauhti	Syke	LA 2	Matka	Aika	Vauhti	Syke
S	4,6	2107	13:20	2,4	173	5,1	2040	11:34	2,5	174
SJ	7,1**	1961*	9:52	3,0**	176	7,9*	2014	10:48	2,8	180
Muutos	2,5	-150	3:28	0,6	3	2,8	-26	0:46	0,9	6
Muutos %	34,9	-7,6	-35,2	18,8	1,8	35,4	-1,3	-7,2	8,8	3,3

<i><u>Suoritus</u></i>	<i><u>LA (mmol/l)</u></i>	<i><u>Vaihteluväli (mmol/l)</u></i>
S: Rata A (1700m)	4,6 ± 1,2	3,1 – 6,6
S: Rata B (1850m)	5,1 ± 2,7	3,9 – 9,0
SJ: Rata A (1700m)	7,1 ± 1,5	4,8 – 9,1
SJ: Rata B (1850m)	7,9 ± 2,6	5,1 – 11,0

9 POHDINTA

9.1 Yleistä mittauksista

Tutkimuksen koehenkilöjoukko koostui hyvin eritasoisista suunnistajista johtuen suuresta ikävaihtelusta. Mittausten ajankohta oli varhaisessa keväässä sekä nuorimmilla ikäryhmillä (Jyväskylän mlk, Kuortane) keskikesällä, joten suoritusmotivaatio oli korkealla, mutta juoksutekniikka maastossa ei ollut vielä parhaimmillaan. Lisämotivaatiota toi uuden GPS-tekniikan kokeilu sekä tutkijoiden vahva motivointi. Mittaukset onnistuivat järjestelyiltään hyvin. Kuortaneella ja Jyväskylän mlk:n mittauksissa käytettiin lisäksi elektronista leimausta (EMIT), jolla saatiin varmistettua muutamien koehenkilöiden rastilla käyntiajankohdat. Koehenkilöiden mukaan GPS-laitteen kantotapa selässä (kuva 11, s.33) oli huomattavasti miellyttävämpi ja huomaamattomampi kuin olkavarressa (kuva 10, s.32). Lisäksi muutamat koehenkilöt ilmoittivat GPS-laitteen jatkuvan äänimerkin häirinneen, kun laite menetti yhteyden satelliitteihin. Tästä ilmoitettiin laitteen valmistajalle, joka seuraavassa kehitysversionaan teki laitteesta myös äänettömän version. GPS:n tarkkuutta ei mitattu millään testikerralla erityisellä testiradalla, mutta GPS-käyrän sijoittaminen kartalle sujui jokaisella testikerralla ilman suurempia epätarkkuuksia. GPS-käyrien sovittamisessa suunnistuskartalle käytettiin tarkoitukseen tehtyä tietokoneohjelmaa, jolla ilman kartan vääristämistä satunnaisesti testattiin GPS-signaalin tarkkuutta tarkalla suunnistuskartalla. Valmistajan (FRWD Technologies Ltd.) ilmoittamaan kolmen metrin tarkkuuteen päästiin melko usein, vaikka GPS-käyrissä paikoitellen oli muutamien kymmenien metrien eroja.

Mittaustilanteet maastossa vakioitiin hyvin samanlaisiksi. Testit suoritettiin suunnistusjuoksutestin osalta aina samaan aikaan päivästä kuin suunnistussuoritus ja sääolosuhteet suorituksen ja GPS-signaalin kannalta olivat samanlaiset. Haldenin mittauksissa muutamilla koehenkilöillä oli hieman vaikeuksia muistaa suunnistusjuoksukilpailussa edellisenä päivänä juoksemaansa reittiä, koska maasto oli vaativa norjalaismaasto, jossa kartanlukukohteina olivat ainoastaan maastonmuodot ja vähäiset yksittäiset kivet ja jyrkänteet. Haldenin testikertaan olisi rastien ympäristöön

voinut sijoittaa hieman viitoitusta, jolloin suoritus olisi ollut lähempänä maksimaalista juoksusuoritusta.

Mittausradat olivat selkeitä suunnistuksen pikamatkan ratoja kestoltaan n. 20 minuuttia riippuen ryhmän iästä. Palautumisessa mittauspäivien välillä ei huomattu kenelläkään ongelmia. Muutamia loukkaantumisia sattui Ahvenanmaan mittauskerralla eikä kaikilta suunnistussuorituksen tehneiltä suunnistajalta saatu suunnistusjuoksusuoritusta.

9.2 GPS-signaali

GPS-laitteen soveltuvuutta suunnistustekniikan analysoimiseen käytettiin tässä tutkimuksessa ensimmäistä kertaa Suomessa. Laitteen antamasta signaalista hylättiin tässä tutkimuksessa 32,1 %. Sitä voidaan pitää melko suurena hylkäämisprosenttina, mutta katsottaessa Haldenissa vuonna 2005 tehtyjä tutkimuksia, hyvien välien osuus oli täydet 100 %. Tähän vaikutti suuresti laitteen kantotapa sekä laitteen valmistajalta (FRWD Technologies Ltd.) saadut ohjeet tarkemman signaalin saamiseksi. Näin ollen laitetta voidaan pitää hypoteesi 1:n mukaisesti toimivana suunnistussuorituksen analysointilaitteena pohjoismaisissa maastoissa.

Tässä tutkimuksessa GPS-signaalin osalta heikoimmaksi alueeksi osoittautui Jyväskylän mlk:n mittauskerta, jossa maasto oli pääosin nuorta 20-30-vuotiasta tiheähköä mäntymetsää. Signaalikatkoksia esiintyi lukuisilla koehenkilöillä, joiden rastivälejä hylättiin analysoinnista. Sen sijaan muut maastot (Ahvenanmaa, Kuortane ja Halden) olivat puustoltaan huomattavasti avonaisempaa ja GPS-signaali ehyempää. Signaalikatkoksen syitä voidaan perustella juuri puuston tiheydellä sekä laitteen heikentyneillä paristoilla, jotka olivat suurimmat syyt signaalin heikkouteen. Lisäksi Jyväskylän maalaiskunnan Ilvesvuoren maasto erosi muista testimaastoista jyrkkyydeltään, eli maasto oli kapeahko rinnealue, jossa rinteen jyrkkyys aiheutti puuston lisäksi mahdollisia katvealueita GPS-signaalille. Todettakoon myös, että Jyväskylän mlk:n testikerralla sää oli pilvinen, kun taas muilla testikerroilla sää oli selkeä (Taulukko 6, s.31). Tällä ei kuitenkaan pitäisi olla vaikutusta GPS-signaaliin. Laittevalmistajan kehittämä liivi (kuva 11, s.33) Haldenin mittauskerroille paransi

huomattavasti signaalin laatua. Liivi paransi myös mukavuutta kantaa laitetta suorituksen aikana ja laite osoittautui lähes huomaamattomaksi kantoliivin avulla. Yhtenä heikon signaalin syynä voidaan siis pitää laitteen kantotapaa olkavarressa, jolloin koehenkilön oma vartalo saattoi tehdä satelliittisignaalin varjon. Ensimmäisellä mittauskerralla Ahvenanmaalla kierrätettiin samaa GPS-laitetta monta kertaa testiradalla, jolloin paristo heikkeni viimeisille koehenkilöille. Toisena mittauspäivänä uusia paristoja vaihdettiin laitteisiin niiden ilmoittaessa vähäisestä latauksesta, millä oli iso vaikutus epäkelvojen signaalien määrän vähentymiseen.

Sykkeen seurannassa GPS-laitteen rekisteröimänä ei havaittu ongelmia. Myös laktaattinäytteen otto sujui maasto-olosuhteissa hyvin. Näytteen otto vaati koehenkilöltä n. yhden minuutin pysähdyksen mittauspisteessä, mutta sillä ei ollut mainittavaa vaikutusta tuloksiin, koska pisteestä oli reilusti matkaa seuraavalle rastille. Näin ollen sykearvot ehtivät nousta samalle tasolle kuin ennen mittauspistettä.

9.3 Etenemisnopeudet ja -matkat sekä sykkeet ikäryhmittäin

GPS-tekniikalla mitattu kuljettu matka rastien välillä saatiin metrin tarkkuudella maastosta, joka laskettiin prosentteina suorasta rastien välisestä etäisyydestä. Suoraa rastien välistä etäisyyttä tarkoitti lukema 100 %. Kuljetun matkan osalta miesten ryhmä (H21) kulki suoraviivaisimmat reitit suunnistussuorituksen aikana (110,13 %) ja paransi kuljettua matkaa vielä suunnistusjuoksutestissä (108,37 %). Parannus ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää ($p=0,25$). Pisimmän matkan suunnistussuorituksessa juoksi nuorten naisten (D18-21) ryhmä (116,03 %) ja koko tutkimuksen lyhimmän matkan suunnistusjuoksuosuorituksessa tyttöjen (D15-18) ryhmä (102,78 %), jota voidaan pitää jo hyvin optimaalisena kulkureittinä riippumatta maastotyypistä.

Jokainen ryhmä pystyi parantamaan suunnistussuorituksen aikaa suunnistusjuoksuosuorituksessa, vaikka reitti ei ollut viitoitettu, kuten esim. Väisäsen (2002) tai Kärkkäisen (1986) pro gradu -tutkimuksissa. GPS-laitteen antaman paikkatiedon avulla voitiin eliminoida ne rastivälit, joilla suunnistaja ns. eksyi

suunnistusjuoksun aikana, joten reitin viitoitusta ei katsottu aiheelliseksi. Viitoitusta olisi kuitenkin tarvittu Haldenin mittauksissa, jossa maasto (LIITE 5.) oli hyvin vaativa ja rastien löytäminen vaatii suunnistustaitoa myös suunnistusjuoksukerralla.

Lyhimmän matkan suunnistussuorituksessa juoksi miesten (H21) ryhmä, mikä oli myös hypoteesin 2 mukainen tulos. Vaikka suurin osa tästä ryhmästä juoksi tutkimuksen vaativassa norjalaismaastossa, voidaan koehenkilöiden taitotason olleen selvästi korkeampi kuin tutkimukseen osallistuneiden nuorempien suunnistajien. Yhtenä päätuloksena voidaan pitää juuri miesten H21-ryhmän kuljetun matkan suhteellisen pientä paranemista suunnistusjuoksusuorituksen ja suunnistuksen välillä. Muilla ryhmillä parannus oli tilastollisesti merkitsevää, mutta miesten ryhmässä ei ($p=0,45$). Juostun matkan osalta päästiin 110-116 %:n lukemiin kartalta mitatusta matkasta. Larssonin ym. (2002) tutkimuksessa ruotsalaiset eliittisuunnistajat juoksivat 4,2km:n matkalla noin 200 metriä pidemmän matkan GPS:n mittaamana, joten tämän tutkimuksen tuloksia voidaan pitää hyvinä ottaen huomioon koehenkilöiden hieman heikomman taitotason. Gjerset ym. (1997) käyttivät tutkimuksessaan suunnistuksen reserviajasta nimitystä ”O-element”. Norjalaismaastossa tehdyssä tutkimuksessaan ”O-elementtiin” kulunut aika oli 12,8.-16,6 %. Tässä tutkimuksessa norjalaismaastossa ”O-element” oli 17,1 %, josta ei norjalaistutkimuksen tapaan vähennetty virheisiin kulunutta aikaa. Vastaavasti samassa maastossa suunnistajien keskinopeus nousi suunnistusjuoksusuorituksessa 12,8 % ja syke 3,9 %. Nämä voidaankin mainita nopeuden ja sykkeen osalta reservialueina suunnistussuorituksessa.

Yksi tutkimuksen merkittävimmistä tuloksista oli nuorten selkeä parannus sekä matkassa että vauhdissa suunnistusjuoksussa. Tästä kertoi nopeuden keskihajonnan pieneneminen merkitsevästi nuorimmilla junioriryhmillä (H15-18: $p=0,02$, D15-18: $p=0,002$), kun taas miesten H21-ryhmällä pieneni vain vähän (Taulukko 9, s.35: S:0,61 m/s, SJ: 0,58 m/s, $p= 0.35$). Parannusta vauhdin keskihajonnassa oli myös naisilla ja nuorilla pojilla merkitsevästi. Nämä mitatut arvot kertovat suunnistuksen sujuvuudesta miehillä sekä siitä, että muilla ryhmillä on vielä tekemistä suunnistustaidon kehittämisessä.

Sykkeen osalta tuloksien sykelukemat olivat jokseenkin samoissa lukemissa kuin aikaisemmissa suunnistustutkimuksissa (Taulukko 2, s.10.). Vaikka laboratoriomittauk-

sia ei suoritettu, niin aikaisempien tutkimustulosten perusteella voidaan todeta tämän tutkimuksen suunnistussuorituksen tapahtuneen aineenvaihdunnallisesti anaerobisen kynnyksen tuntumassa, osittain sen yläpuolella. Jonkin verran keskihajontasykkeeseen ja -vauhtiin vaikutti hajontaa lisäämällä se, että syke mitattiin heti lähtöhetkestä eikä siitä vähennetty alkukiihdytyksen matalia sykearvoja. Mm. Kärkkäisen (1986) pro gradu-tutkimuksessa sykearvoja tarkkailtiin vasta kymmenen minuutin kuluttua lähtöhetkestä, jolloin korkea suoritusteho näkyi melko vakaana syketasona. Koska juostava rata suunnistusjuoksuradalla oli jo tuttu, jäivät suunnistukselle tyypilliset pienet hidastelut ja varmistelut pois. Tällaiset pienet hidastelut vaikuttivat tässä tutkimuksessa jonkin verran sykkeseen (ero S vs. SJ 2-10 %) ja vielä merkittävämmiin vauhtiin kahden eri suorituskerran välillä (8-58 %). Keskiarvosykkeen osalta syketasoa nostivat SJ-suorituksessa D15-18- ja D21-ryhmät. Nuoremmalla koehenkilöryhmällä syketason nousu näkyi erittäin merkitsevästi myös vauhdissa ($p < 0,001$), kun taas naisilla (D21) syketason merkitsevä nousu ei vaikuttanut merkitsevästi nopeuden nousuun ($p = 0,24$). D15-18-ryhmän koehenkilöjoukosta jäi pois heikompia suunnistajia toisen päivän SJ-mittauksesta, jota voidaan pitää yhtenä selittävänä tekijänä nopeuden merkitsevälle muutokselle. Liitteessä 1 tarkastellaan tarkemmin koehenkilöryhmiä. Huomioitavaa on myös että, mittaustulokset eivät ole henkilöiden rastivälien keskiarvotulosten (nopeus, syke) keskiarvoja, vaan kokonaissuorituksen, jolloin mm. keskihajonta suurenee.

9.4 Suunnistustaitonopeudet

Witten ja Wilsonin (2004) tutkimuksessa tutkittiin GPS:n sopivuutta nopeuden mittaamiseen pyöräilijöillä. Heidän mukaan GPS sopii hyvin suhteellisen tasaisen nopeuden ja suorien etenemislinjojen mittaamiseen, mutta on riittävän tarkka mittaamenetelmä myös liikuttaessa suurilla nopeuksilla. GPS-systeemi tasoittaa nopeiden kiihdytysten ja jarrutusten piikkejä, mikä johtuu laitteiden matemaattisista algoritmeista ja sekunnin pituisesta tallennusvälistä (Witte & Wilson 2004). Tässä tutkimuksessa 20 sekunnin otos ennen ja jälkeen rastin toi esiin selkeästi Witte & Wilsonin (2004) huomion GPS:n reagoinnista äkkinäisiin nopeuden muutoksiin. Suunnistajan leimaukset rasteilla näkyivät pieninä nopeuden muutoksina, mutta rastilla

tapahtuva leimaus ei käytännössä ole aina mahdollista ko. nopeudella. Toisin sanoen GPS tasoitti hieman rastilla tapahtunutta nopeuden hidastumista, mutta ± 20 sekunnin otos leimaushetkestä antoi jo luotettavan kuvan rastille tulo- ja lähtönopeuksista.

Ryhmiä vertailtaessa, kiinnitettiin huomio suunnistustaitonopeuksien erotusta rastivälin keskivauhtiin. Mikäli poikkeama on kymmenen prosentin luokkaa, voidaan katsoa rastivälin vauhdin olleen liian kova suhteessa omaan suunnistustaitoon (Taulukko 11a, s.38). Yhtenä mielenkiintoisena havaintona voidaan pitää miesten ryhmän rastilta lähtöä, joka oli 6,0 % nopeampi kuin rastivälin keskivauhti suunnistussuorituksessa. Tämä on selvä todistus jälleen aikuisten paremmasta taidosta toteuttaa Vapan (2004) teoriaa (kuva 3, s.11) rastinottotyöskentelyn vaiheista 4-11. Yhteenvedona rastille tulo- ja lähtönopeuksista voidaan todeta, että: *aikuisten nopeudet rastia lähestyttäessä eivät poikkea nuorten tulosta, mutta tapahtumat juuri ennen rastia ovat aikuisilla teknisesti rutinoituneempia, mikä näkyy rastilta lähdettäessä sujuvampana ja nopeampana lähtönopeutena*. Saatua havainto vahvistaa ja tarkentaa Väisäsen (2002) tutkimustulosta, että miesten kartanluku ja maaston havainnointi tapahtuu selvästi paremmalla hyötysuhteella kuin nuorten miesten.

Miesten ryhmän (H21) rastille tulo- ja lähtönopeuksia voidaan kuitenkin pitää melko heikkoina verrattuna muiden ryhmien tulo- ja lähtönopeuksiin. Yhtenä huomattavana selittäjänä miesten ryhmän suunnistustaidon ”heikkoihin” tuloksiin (=poikkeama 0,28 m/s keskivauhdista tulo- ja lähtönopeudessa ja 0,12 m/s lähtönopeudessa) voi liittää kartan mittakaavan vaikutuksen suoritukseen. Väisäsen cumlaude -tutkielmassa (2000) tutkittiin kartan mittakaavan vaikutusta suunnistustoimintoihin ja yhteyttä suoritusajaan mieshuippusuunnistajilla. Tutkimuksen päätuloksena oli, että 1: 15 000 mittakaavaisella kartalla suunnistussuoritus tapahtui keskimäärin 17,5s/km hitaammin kuin 1:10 000 kartalla. Tässä tutkimuksessa pääosa miesten ryhmän (H21) koehenkilöjoukosta käytti suurempimittakaavaista karttaa Haldenissa tehdyissä mittauksissa. Juuri miesten ryhmällä ero suunnistustaitonopeuksissa oli rastille tulo- ja lähdön ero suurin (2,65 m/s vs. 2,96 m/s). Väisäsen (2000) tutkimus tukee hyvin tätä tulosta eli pienipiirteisessä norjalaistyypisessä maastossa pienimittakaavainen kartta tekee suunnistustehtävästä vaikeamman ja hitaamman sekä kasvattaa virhemahdollisuutta.

Suunnistustaidon puutteesta nuorilla vahvistaa myös suunnistustaitonopeuden mittaustulos suunnistus- ja suunnistusjuoksukerran välillä (Taulukko 11b, s.38). Tutuksi tulleella reitillä nuorten parannus toisella kerralla rastia lähestyttäessä ja lähdettyäessä kasvoivat eniten sekä myös tilastollisesti merkitsevästi. Miesten taitotason ollessa jälleen paras suunnistustaitonopeuden kasvaessa ainoastaan rastilta lähdettyäessä tilastollisesti merkitsevästi (0,23 m/s, $p=0,03$). Sen sijaan tyttöjen D18-21 -ryhmä kasvatti rastilta lähtönopeutta ainoastaan 0,14 m/s ($p=0,21$), mikä kertoo ryhmän heikosta fyysisestä tasosta, koska vauhtia ei pystytty kasvattamaan suunnistusjuoksusuorituksessa.

Suunnistustaitonopeuksiin täytyy suhtautua varauksella, koska mitään absoluuttista mittaria rastipisteen vaikeudelle ei voida asettaa. Näin ollen rastien vaatima vauhdin muuntelu tapahtuu jokaisen suunnistajan sen hetkisen taitotason mukaan kyseisessä maastotyyppissä. Tässä tutkimuksessa ei tutkittu miten nopea rastilta lähtö (esim. H21-ryhmä) vaikutti seuraavan rastivälin sujumiseen. Vaikuttaako nopea, jopa ”hätäilty” rastilta lähtö seuraavan välin keskivauhtiin tai jopa tulevan rastin tulonopeuteen?

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan sanoa aikuisten suunnistustaitonopeuksien olevan selkeästi paremmat, naisten ryhmän vähäistä koehenkilömäärää ($n=2$) lukuun ottamatta, kuin nuorilla suunnistajilla. Samalla toteutuu tutkimuksen hypoteesi kolme: ”*Nuorten suunnistajien suunnistustaito ja -tekniikka (rastille tulo ja lähtö) ovat heikompia kuin aikuisilla.*” Taito-ominaisuuksien erot näkyivät selkeästi kuvassa 13 (s.36) mm. lukuisina nopeuden alenemisina 17-vuotiaalla tytöllä. Hidastusten kestot ja voimakkuudet olivat sitä luokkaa, johon sykekin reagoi. Vastaavasti saman kuvan huippusuunnistajalla taitotaso on sitä luokkaa, että syke ei reagoi pieniin hidastuksiin, joita on vähän suorituksen aikana.

9.5 Laktaattipitoisuudet

Tämän tutkimuksen yhtenä kysymyksenä oli selvittää suunnistussuorituksen suunnistusteknisten toimintojen vaikutusta syke- ja laktaattitasoon. Lähtökohtana oli selvittää etenemissykkeet ennen ja jälkeen rastilla tapahtuneen leimauksen. Laktaattia mitattiin ainoastaan yhdellä mittauskerralla, jonka tulokset olivat hieman korkeampia kuin aikaisemmissa suunnistustutkimuksissa (mm. Moser ym. 1995; Gjerset ym. 1997; Mero ym. 1984; Dresel 1985; Kärkkäinen 1986). Mittausradan lyhydestä (3550m) johtuen laktaattiarvot nousivat yli koehenkilöiden arvioidun anaerobisen kynnyksen. Yhtenä selittävänä tekijänä voidaan pitää mittaradan lyhyden lisäksi maaston suuria korkeuseroja, jolloin lihakset joutuvat työskentelemään enemmän ja laktaattitason nousua.

Kun vertailtiin sykkeiden muutosta suunnistusjuoksun ja suunnistussuoritusten välillä voidaan todeta H21-ryhmällä 3,3 %:n nousu suunnistusjuoksussa keskisykkeessä. Sen sijaan laktaattipitoisuus nousi suorituksessa 35,4 %. Koehenkilöiden suunnistusjuoksusuorituksen voidaankin katsoa tapahtuneen jo lähellä maksimaalista suorituskykyä tämän tutkimuksen laktaattipitoisuuksien perusteella.

Rastille tulo- ja lähtösykkeissä löydettiin poikkeavuuksia ainoastaan H ja D18-21-ryhmillä, joilla syke nousi rastilta lähdettäessä, kun taas muilla ryhmillä syke hieman laski rastilla käynnin jälkeen. Sykkeen laskut olivat kuitenkin pieniä, joten laktaattiarvoissa ei luultavasti olisi tapahtunut suuriakaan muutoksia rastilla käynnin seurauksena. Mielenkiintoinen havainto oli H21-ryhmän rastille tulositykkeen vertaaminen keskiarvosykkeeseen. Aikuisten miesten ryhmä (H21) oli ainut ryhmä, joka rastille tullessa piti sykkeen korkeammalla kuin koko rastivälin keskisykkeen. Löydös vahvistaa 4. hypoteesia: ”nuorten suunnistussuoritus syketasoltaan on vaihtelevampi kestävyysuoritus kuin aikuisten suoritus.” Ryhmällä H21 syke ja mahdollisesti laktaattiarvot olivat korkeammat rastia lähestyttäessä kuin keskimäärin koko rastivälillä. Muutaman askeleen hidastuksella miehetkin saivat sykkeen laskemaan rastilta lähdettäessä, joten H21-ryhmän rastille tulo on syketasoltaan ”aggressiivisempaa” kuin muiden ryhmien. Tällä voidaan hyvin selittää taitotasoeroa miesten ja muiden ryhmien välillä.

10 JATKONÄKYMÄ

Muutamissa suunnistustutkimuksissa (mm. Väisänen 2002), kuten tässäkin tutkimuksessa, on todettu kokoneiden suunnistajien suunnistustekniikan olevan parempi kuin nuorempien ja kokemattomampien suunnistajien tekniikka. Niin lienee kaikissa urheilulajeissa, joissa taitoa voidaan harjoittaa ja kokemuksen mukana tuoma lajitaito karttuu. Tämän tutkimuksen teknillinen ja valmennuksellinen anti lajille lienee kiistaton: suunnistussuorituksen mittaaminen (nopeus, matka) GPS-tekniikan avulla on helppo ja lähes ainoa tapa saada tarkkaa tietoa metsän suojassa tapahtuvasta suorituksesta.

Tässä tehty suunnistustekniikan seuranta onnistui menetelmällisesti hyvin, vaikka GPS:n signaalikatkoksa esiintyikin joissakin suorituksissa. GPS:n avulla suunnistussuoritus pystytään pilkkomaan yhä pienempiin osiin, jolloin voidaan vertailla eri henkilöiden fysiologista vastetta erilaisiin juoksualustoihin ja maastonkohtiin. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan vertailtu suunnistajien etenemistä erilaisissa maastonkohdissa. Kuten Kärkkäinen jo vuonna 1986 pro gradu-tutkimuksessaan totesi, ”*Seuraamalla suunnistussuoritusta pitemmällä radan osalla tai koko radalla voidaan mahdollisesti kehittää mallia suunnistuksen optimaaliselle suoritukselle*”. GPS-tekniikan avulla voidaan nykyään vastata Kärkkäisen (1986) esittämään optimaalisen suorituksen mallille, jolloin koko suunnistussuoritus voidaan analysoida lähes askel askeleelta. Yhtenä mielenkiintoisena tutkimuskohteena olisi ollut selvittää suunnistajien henkilökohtaisia nopeuden muutoksia ja parannuksia suunnistuksen ja suunnistusjuoksun välillä erilaisilla rastiväleillä. Tällaisella tarkalla erilaisten maastokohtien analyysillä suunnistajat olisivat saaneet tarkempaa tietoa henkilökohtaisista ominaisuuksistaan tietyissä maastokohdissa ja tietynlaisissa suunnistustehtävissä. Niin ikään maaston ”paloittelu” suunnistusteknisesti helppoon ja vaikeaan, kuten Bird ym. (2003) suunnistustutkimuksessaan, toisi esiin jopa erilaisia normivauhteja ja –matkoja etenemiseen tietynlaisilla suunnistajilla. Jatkotutkimuksen avulla voitaisiin selvittää suunnistukselle selvää normistoa eri-ikäisten taito-ominaisuuksille sekä niiden kehittämiseksi. Tässäkin tutkimuksessa saadut syke- ja nopeusvaihtelut voitaisiin laittaa erilaisiin luokkiin, joiden perusteella rastivälien

sujuvuus voitaisiin arvostella suoraan saatujen lukuarvojen perusteella. Uusimmissa GPS-laitteiden mukana tulevissa analysointiohjelmassa on mahdollista suorittaa myös tarkempaa sykevälianalyysiä, jolla voidaan seurata urheilijan palautumista ja arvioida mm. energiankulutusta. Näiden muuttujien avulla voidaan jatkotutkimuksissa ottaa mukaan suunnistustutkimuksissa uusia näkymiä mm. suunnistussuorituksen kuormittavuudessa ja siitä palautumisesta mm. erilaisissa maastoissa kilpailtaessa tai harjoiteltaessa.

Lajin muuttuessa ja Kansainvälisen Suunnistusliiton (IOF) yrittäessä muuttaa suunnistusta kestävyyslajina yhä ”yleisöystävällisempään” suuntaan alkaa suunnistuksessa, hiihdon tapaan, löytyä eri lajeihin erikoistuneita urheilijoita. GPS-tekniikan avulla voitaisiin nähdä helposti eroja ko. erikoistuneiden urheilijoiden suorituksissa esim. eri alustoilla juostessa ja syventää suunnistuksen lajianalyysiä esim. vertaillen sprintti- ja normaalimatkan suunnistusta. Huippusuunnistajan palautumiskyky on huippuluokkaa, joten tulevaisuudessa GPS-tekniikan ja mahdollisesti muiden teknisten apuvälineiden avulla voidaan analysoida maastonkohdat, jossa suunnistaja voi palautua mahdollisista rankemmista maastonosista. Toisin sanoen valmentaja voi antaa etukäteen ohjeita, milloin kannattaa yrittää irtiottoa esim. viestikilpailussa. Yhtenä mielenkiintoisena tutkimuskohteena voitaisiin pitää, nuorten suunnistajien lisäksi, ikääntyneiden suunnistajien vauhtia ja lajin fysiologisia vaatimuksia ikääntyneillä. Suuret ikäluokat esim. Suomessa ovat suunnistuksen harrastajamääriltään isoja ja tiedon janoajia useita. Veteraanisuunnistajien vauhtien hidastumisen tutkiminen GPS-tekniikan avulla voisi olla ajankohtainen tutkimuskohde esim. 2007 Kuusamossa veteraanien MM-kilpailujen aikaan.

GPS-tekniikan avulla voisi myös helposti tutkia perässä juoksemisen (=peesaminen) tuomaa hyötyä mm. suunnistuksessa. Acklandin (2005) tuoreen matemaattisiin laskutoimituksiin perustuvan tutkimuksen mukaan toisen suunnistajan seuraaminen maastossa nopeuttaa hitaamman etenemistä maastossa 4-8%. Miten tällainen perässä juoksemisen hyöty näkyy fysiologisissa vasteissa suorituksen aikana ennen ja jälkeen peesaamisen? Kun laitteet vielä kehittyvät tulevaisuudessa jopa 24 gramman painoisiksi, kuten Witte & Wilson (2004) ennustavat, voidaan puhua erittäin huomaamattomista seurantalaitteista.

LÄHTEET

- Auckland, G. 2005. The effect of pack formation at the 2005 world orienteering championships. Julkaistu www-artikkelina osoitteessa:
<http://arxiv.org/abs/physics/0508158>
- Bird, S., George, M., Theakston, S., Balmer, J. & Davindon, R.C.R. 2003. Heart rate responses of male orienteers aged 21-67 years during competition. *Journal of Sport Sciences*, 21, 221-228.
- Creagh, U. & Reilly, T. 1997. Physiological and biomechanical aspects of orienteering. *Sports Medicine*. 24 (6): 409-418.
- Dresel, U. 1985. Lactate acidosis with different stages in the course of a competitive orienteering performance. *Scientific Journal of Orienteering* 1: 4-13.
- Gjerset, A., Johansen, E. & Moser, T. 1997. Aerobic and anaerobic demands in short Distance orienteering. *Scientific Journal of Orienteering* 1997, 13(1/2), Autumn 1997, 4-25.
- Hautala, J. 2004. Kilpasuunnistustaidon lajiansalyysiä. *Suunnistaja* 9/2004.
- Havas, E. 1989. Kontaktiajat suunnistusjuoksussa. *Liikuntafysiologian cum laude – tutkielma*. Jyväskylän yliopisto.
- Havas, E. & Kärkkäinen, O-P. 1995. The effects of running speed and surface on muscle activity – a field study in orienteering. Kirjassa: XVth Congress of the International Society of Biomechanics. Book of Abstracts. University of Jyväskylä July 2-6, 1995.
- Havas, E. & Kärkkäinen, O-P. 1989. Suunnistusvalmennuksen perusteet. Suomen Suunnistusliitto.

- Henttu, P. & Lehtoranta, V. 1993. GPS - maailmanlaajuinen satelliittinavigointi – järjestelmä. Domus-Offset Oy.
- Hill, A.V., Lupton, H. 1923. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Quarterly Journal of Medicine*, 16, 135.
- Jensen, K., Franch, J., Kärkkäinen, O-P. & Madsen, K. 1994. Field measurements of oxygen uptake in elite orienteers during cross-country running using telemetry. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 4:234-238.
- Jensen, K., Johansen, L. & Kärkkäinen, O-P. 1999. Economy in track runners and orienteers during path and terrain running. *Journal of Sport Sciences* 17, 945-950.
- Karppinen, T., & Laukkanen, R. 1994. Heart rate analysis in orienteering training and competitions before and during WOC 1993. *Scientific Journal of Orienteering*. 1994, 10 (1/2).
- Kärkkäinen, O-P. 1986. Suunnistuksen kilpailusuoritus. Liikuntafysiologian pro gradu – tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Kärkkäinen, O-P., Vähäsöyrinki, P. & Viitasalo, J. 1983. Suunnistusjuoksukyvyn mitattavuus laboratorio-olosuhteissa sekä lajiharjoittelukauteen siirtymisen vaikutukset suunnistusjuoksukykyyn. Teoksessa: Mero, A., Rusko, H., Kallio, J. 1984. Suunnistuksen lajiansalyysi. s.73-124. Jyväskylän Yliopisto. Suomen Suunnistusliitto.
- Kärkkäinen, O-P. & Pääkkönen, O. 1986. Suunnistusvalmennus. Saarijärven Offset Ky. Saarijärvi.
- Larsson, P., Burlin, L., Jakobsson, E. & Henriksson-Larsen, K. 2002. Analysis of

performance in orienteering with treadmill tests and physiological field tests using a differential global positioning system. *Journal of Sport Sciences*, 20, 529-535.

Larsson, P. & Henriksson-Larsen, K. 2001. The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 1914-1924.

Larsson, P. 2003. Global Positioning System and Sport-Specific testing. *Sports Medicine*, 33 (15): 1093-1101.

Mero, A., Rusko, H. & Vähäsöyrinki, P. 1984. Sykkeen, veren maitohapon ja suorituskyvyn muutokset suunnistuksen kilpailuvauhtiin verrattuna alle normaalin, normaalilla ja yli normaalin olevalla juoksunopeudella. Teoksessa suunnistuksen lajianalyysi, 5-16. Suomen Suunnistusliitto. Helsinki.

Miettinen, S. 1998. GPS vie vaivatta perille. Gummerus Kirjapaino, Jyväskylä.

Miettinen, S. 2002. GPS käsikirja. Genimap.

Moser, T., Gjerset, A., Johansen, E. & Vadder, L. 1995. Aerobic and anaerobic demands in orienteering. *Scientific Journal of Orienteering*, 11, 3-30.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A., Björkqvist S-E. 1999. Ihmisen fysiologia ja anatomia. ISBN: 951-0-26962-X. WSOY. Porvoo.

Nikulainen, P. 1994. Suunnistus ja ajattelu. SASApaino. Salo.

Nikulainen, P., Vartiainen, B., Salmi, J., Minkkinen, J., Laaksonen, P. & Inkeri, J. 1995. Suunnistustaito. ER-paino. Lievestuore.

Nilsson, J. 1980. Orienteering. Idrotsspsykologi rapport nr. 1. Trygg-Hansa. Stockholm.

- Nurmimaa, V. 1956. Suunnistus. WSOY. Porvoo.
- Poutanen, M. 1998. GPS-paikanmääritys. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa, Hämeenlinna.
- Rauhala, R. 2003. Hankasalmen Suunnistuskilpailun fyysiset testit ja niiden analysointi. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Liikunnan koulutusohjelma. 28.5.2003.
- Reiman, T. 2002. Suullinen tiedonanto. Fjäll-O. 7.7.2002. Åre. Ruotsi.
- Ruha, A., Sallinen, S. & Nissilä, S. 1997. A real-time microprocessor QRS detector system with a 1 ms timing accuracy for the measurement of ambulatory HRV, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 44(3),159-167.
- Scarf, P. 1998. Route choice and an empirical basis for the equivalence between climb and distance. Scientific Journal of Orienteering, 14, 23-30.
- Schutz, Y. & Herren, R. 2000. Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. Medicine & Science in Sports & Exercise 32 (3):642-646.
- Salmi, J. 2002. Mannermaisesta ja pohjoismaisesta maastotyypin vaatimukset suunnistuksessa, erikoispainotus Sveitsin maastotyypeissä. Liikuntafysiologian cum laude -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Salmi, J. 1998. Huippusuunnistus urheilijan näkökulmasta 18.11.98. Luento. Jyväskylä.
- Suomen Suunnistusliitto (SSL). 1981. B-valmentajakoulun suunnistuksen lajiosa. SSL. Helsinki.
- Tammelin, T. 1995. Kestävyysominaisuudet ja juoksun taloudellisuus juoksumatolla ja maastossa suomalaisilla miessuunnistajilla. Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.

- Terrier, P., Ladetto, Q., Merminod, B. & Schutz, Y. 2001. Measurement of the mechanical power of walking by satellite positioning system (GPS). *Medicine & Science in Sports & Exercise*: 33 (11): 1912-1918.
- Theiss, A., Yen, DC. & Ku, C. 2004. Global Positioning Systems: an analysis of applications, current development and future implementations. Julkaistu lehdessä *Computer Standards & Interfaces* 27: 2005, 89-1000.
- Tuomainen, A. 2003. GPS-järjestelmän tekniikka ja sovellukset. Mediatekniikan seminaarityö. Espoon-Vantaan teknillinen ammattikorkeakoulu.
- Töyrylä, T. 2004. Matkan ja vauhdin mittarit. *Juoksija-lehti* 7/2004. Forssan Kirjapaino Oy.
- Väisänen, M. 2002. Kestävyyden ja voimantuoton yhteydet suunnistusjuoksuun miehillä ja pojilla pohjoismaisessa maastotyypissä. *Liikuntafysiologian pro gradu –tutkielma*. Jyväskylän yliopisto.
- Vapa, M. 2004. Suomen Suunnistusliiton koulutusmateriaali. Taso 1. Suunnistustaidon perusteet. Rastinottoyöskentely. Suomen Suunnistusliitto. Helsinki.
- Väisänen, M. 2000. Kartan mittakaavan vaikutus suunnistustoimintoihin ja yhteys suoritusajaan mieshuippusuunnistajilla. Valmennus- ja testausopin cum laude –tutkielma. Jyväskylän Yliopisto.
- Welzien, E. 1979. Studie av elite o-löperes veivalg. Rapport nr. 6. Hovedfagsoppgave i idrett. Norges Idrettshøgskole. Norges Orienteringsförbund. Oslo.
- Witte, T., Wilson, A. 2004. Accuracy of non-differential GPS for the determination of speed over ground. *Journal of Biomechanics* 37: 1891-1898.
- WWW-materiaali 01.11.2004: www.frwd.com

WWW-materiaali 01.11.2004: www.gpssports.com

WWW-materiaali 01.11.2004: www.garmin.com

WWW-materiaali 01.11.2004: www.timex.com

WWW-materiaali 07.01.2005: www.orienteering.org

LIITTEET

LIITE 1. Yhteenveto koehenkilöryhmistä

Tutkimuksessa suunnistaneita ryhmiä voidaan kuvata lyhyesti taustojen ja tulosten perusteella seuraavasti:

Ryhmä H15-18: Ryhmä koostui maan kärkijunioreista, mikä näkyi mm. parempana suunnistuksena matkallisesti verrattuna vanhempaan poikien ikäryhmään. Testiryhmänä huolellinen ryhmä, joka hoiti annettujen ohjeiden mukaan mittaukset. Nopeuksien suhteen nopeusvaihtelu runsaasti, joten rytminvaihtokykyä löytyy, mikä on hyvä asia, kun taito kehittyy vuosien aikana.

Ryhmä D15-18: ”Pienisydämisten” tyttöjen ryhmä. Sykelukemat ylivoimaisesti korkeimmat suunnistusjuoksusuorituksessa (192). Taitotaso vielä heikohko, koska hajonta matkojen suhteen oli suuri. Suunnistuksen osalta varmistellaan rastille tuloa ja lähtöä.

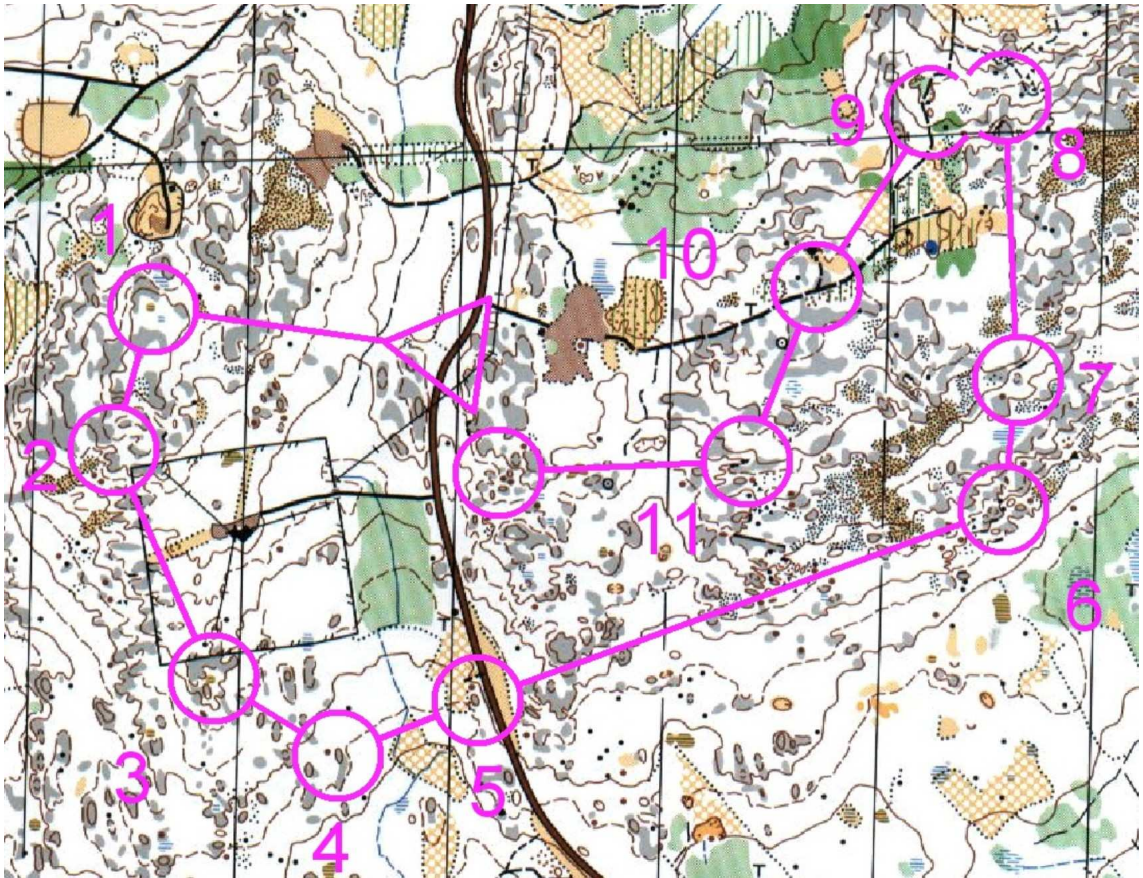
Ryhmä H18-21: Ryhmästä löytyi hyviä, lähes kansainvälisen tason junioreita. Muutama heikko suunnistaja laski mm. keskivauhtia ja nosti nopeuden keskihajontaa. Suunnistusjuoksusuorituksessa vauhti nousi jo lähelle miesten vauhteja.

Ryhmä D18-21: Tasaisten puurtajien ryhmä, josta ei erottunut hyviä juoksijoita. Syke ja nopeus nousivat hieman suunnistusjuoksusuorituksessa. Nopeusvaihtelu suurta, mikä kertoo pysähtelyistä ja huonosta fyysisestä kunnosta.

H21: Suurin osa mittauksista tehtiin Norjassa vaativalla ja rankalla radalla. Taitotaso korkea ja kokemus näkyy lyhyessä suunnistuksen matkassa. Sykevaihtelussa näkyvät rankahkot norjalaismäet. Suurin taidon kehittämisalue tutkimuksen perusteella on rastille tulo.

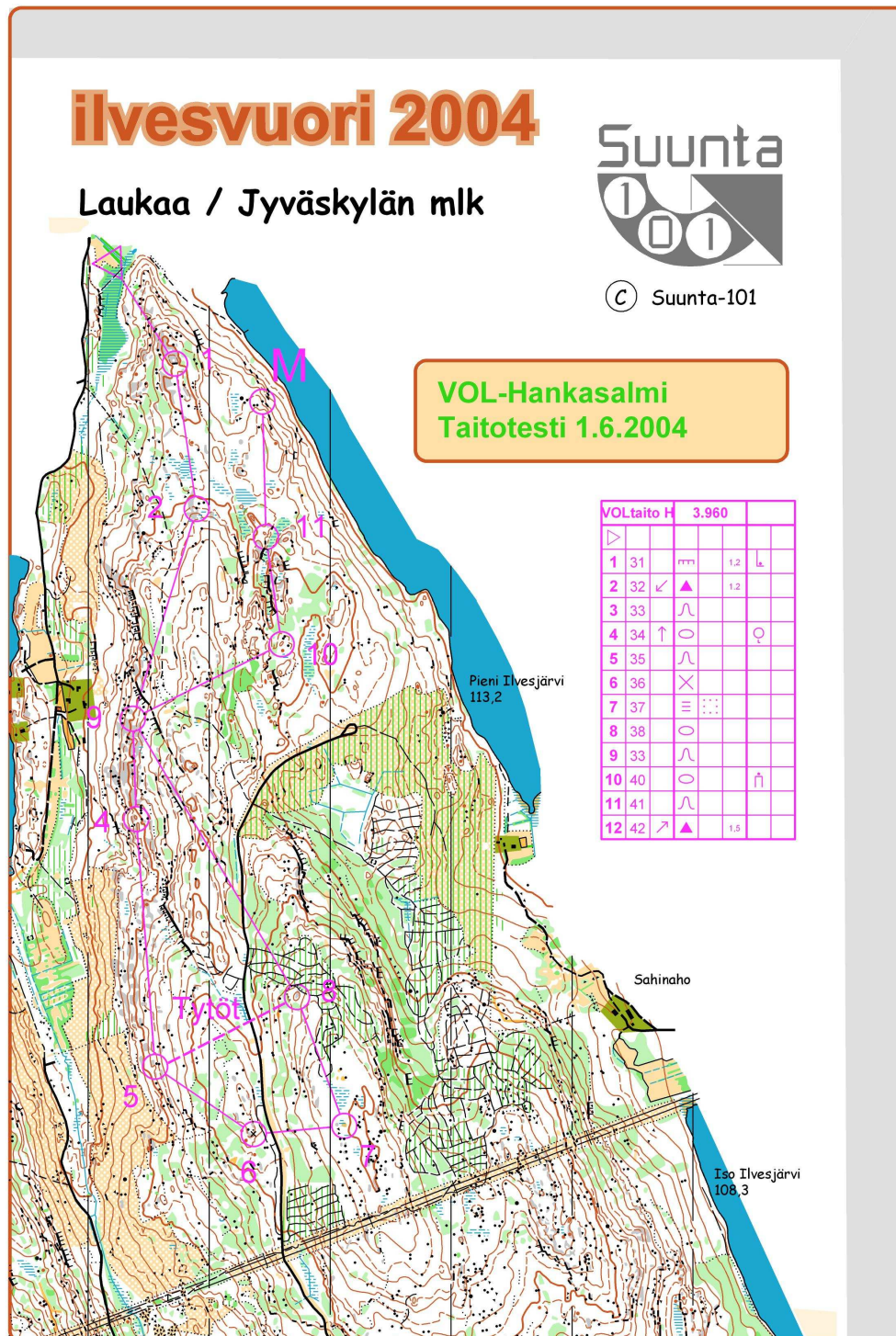
D21: Ryhmässä koehenkilöitä oli vain kaksi, joten tulokset vain suuntaa antavia. Taso oli kuitenkin hyvä, varsinkin suunnistusjuoksusuorituksessa (matka ja syke). Suunnistuskerralla liikaa varmistelua sekä virheitä, jotka näkyivät mm. suorituksen keskisykkeessä.

LIITE 2. Ahvenamaan testirata: Båtmansberget 1:10 000/v.2000, © IF Aländ



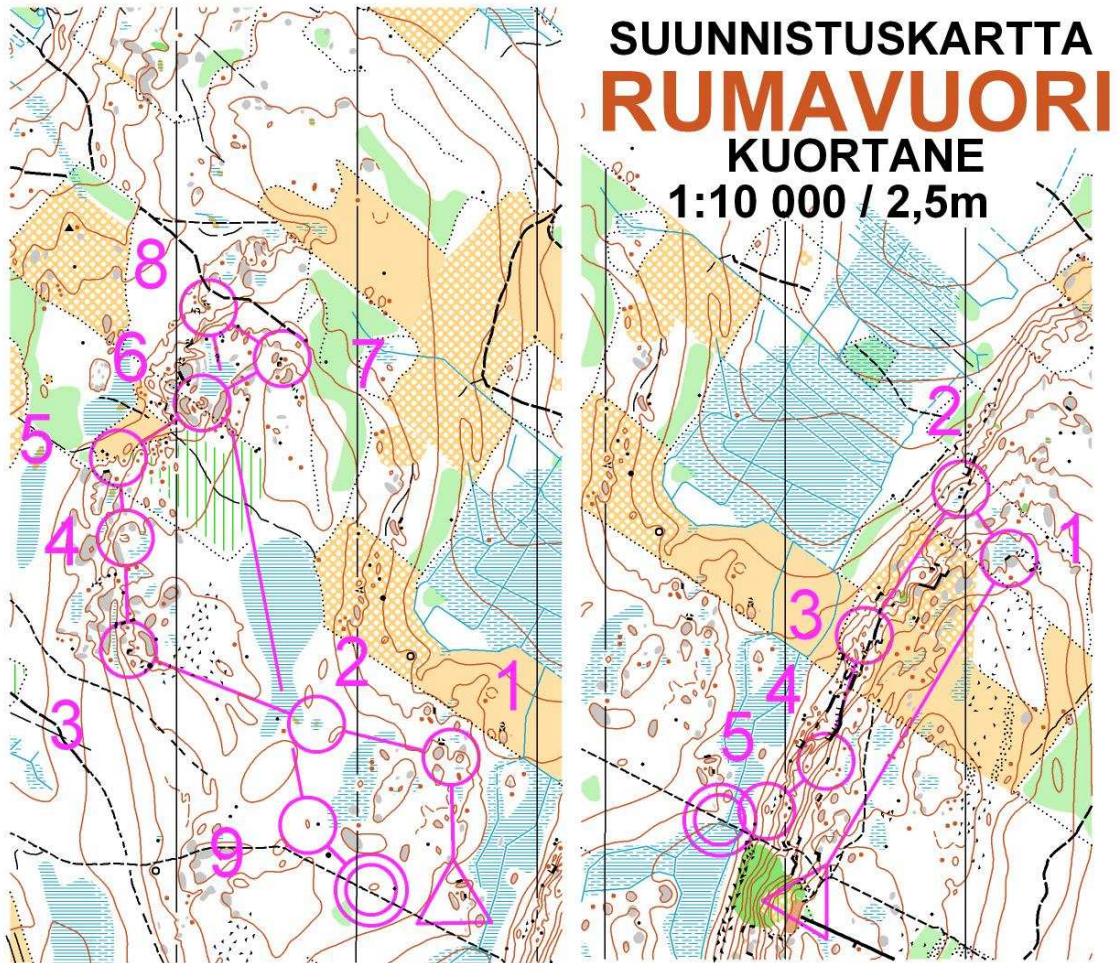
Ahvenanmaa: Nopeakulkuinen avokalliomaasto, jossa näkyvyys oli hyvä. Rasteja radalla hyvin erilaisissa rastipisteissä, jotka vaativat tarkkaa rastinottoa, vaikka rastiväleillä vauhti saattoi nousta hyvinkin korkeaksi. Radalta löytyi myös mm. selkeä polkuväli, maastujuoksuväli sekä tarkkoja rinnesuunnistuspisteitä, joita tarkemmin analysoituna saisi tietoa vauhdeista erilaisissa maastonkohdissa. GPS-signaali toimi n.75%:sti. Katkoksia aiheuttivat tallentimen huonot paristot.

LIITE 3. Jyväskylän mlk:n testirata: Ilvesvuori 1:10 000/v.2000, © Suunta-JKL



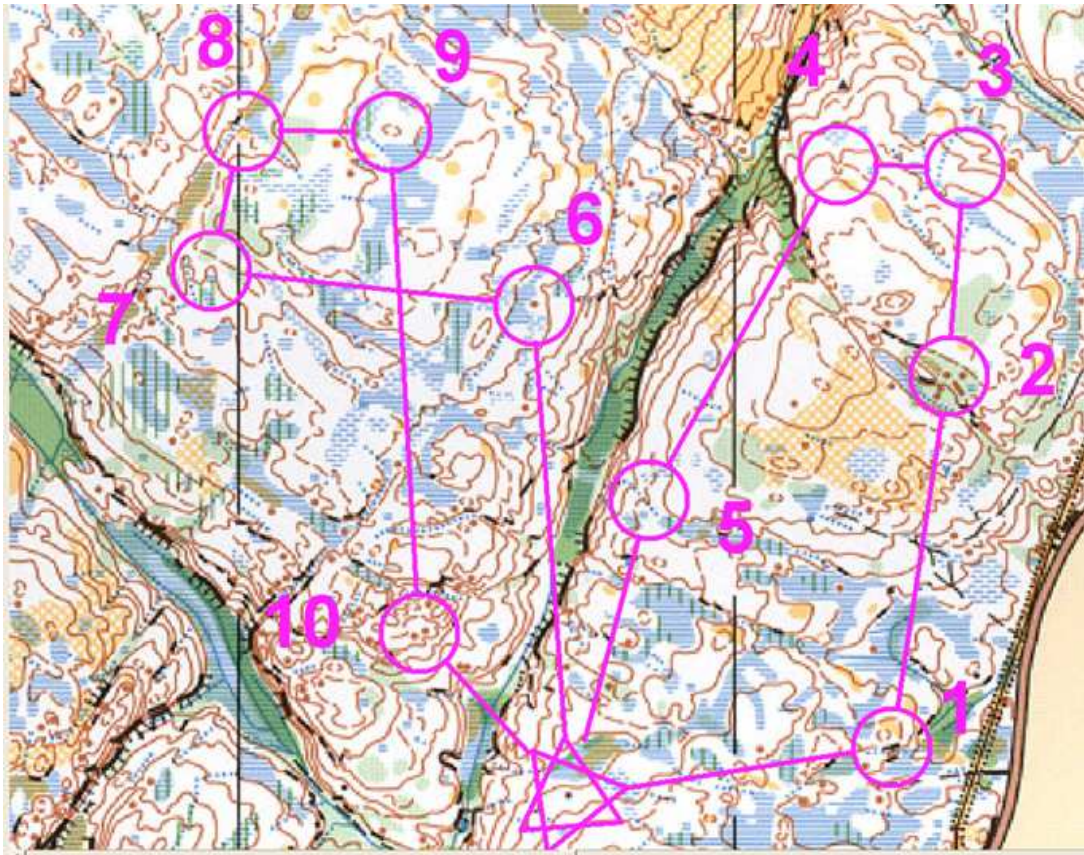
Jyväskylän mlk: Mukana ainoastaan 15-16-vuotiaita. GPS-signaali toimi huonosti nuoren puuston takia ja monia mittaustuloksia hylättiin. Maasto korkeuseroiltaan ja maastopohjaltaan rankka.

LIITE 4. Kuortaneen testirata: Rumavuori 1:10 000/v.2004, © Kuortaneen Kunto



Kuortane: Hyväkulkuinen maasto, joka jakaantui kahteen eri osaan: rinnesuunnistukseen sekä tasaiseen ja rikkonaiseen avokalliomaastoon. GPS toimi tarkasti ja luotettavasti.

LIITE 5. Haldenin testirata: Lommetjern 1:15 000/v.2000, © Halden SK



Halden: Taidollisesti vaativa suunnistusmaasto, mikä aiheutti vaikeuksia vielä suunnistusjuoksussa. Kartan mittakaava 1:15 000 lisäsi vaativuustasoa, mikä tasoitti miesten ryhmän eroa muihin ryhmiin. GPS selkään kiinnitettynä toimi 100%:sti.