

Ulf Danielsson

Orienteringsförmåga och fysisk arbetsbelastning



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

NBC-skydd
901 82 Umeå

FOI-R--1567--SE

Maj 2005

ISSN 1650-1942

Användarrapport

Ulf Danielsson

Orienteringsförmåga och fysisk arbetsbelastning

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI NBC-skydd 901 82 Umeå	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1567--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 8. Människan i totalförsvaret	
	Månad, år Maj 2005	Projektnummer E4453
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 81 MSI med fysiologi	
Författare/redaktör Ulf Danielsson	Projektledare Ulf Bergh	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FM	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Ulf Danielsson	
Rapportens titel Orienteringsförmåga och fysisk arbetsbelastning		
Sammanfattning (högst 200 ord) Förmågan att orientera är av största vikt vid militära aktiviteter. Positionering och navigering anses vara en central förmåga hos framtida soldaten. Denna studie diskuterar användbarheten av GPS i stadsmiljö såväl som skärgårdsmiljö. I urban och betäckt terräng ökar risken för bortfall av kontakt med GPS-satelliter (del 1). Resultaten visar att en vanlig civil GPS-mottagare fick kontakt med satelliterna på de flesta ställen i en kompakt stenstad, felet +/-15 m eller mindre fås under 92 % av tiden (1h 48 min). Kontakt med GPS-satelliterna finns under 99 % av tiden. Den inbyggda höjdmätaren i GPS:n fungerade tillfredsställande och presterade höjdprofiler som var jämförbara med lantmäteriets kartor. I småbruten och öppen terräng som i skärgårdsmiljö är GPS-tillgängligheten ännu bättre. Risken för reflexer och bortfall är mindre. Resultaten förutsätter dock att GPS:n sitter fritt placerad, lämpligtvis i axelhöjd. Möjligheten att nyttja GPS för att beräkna fysisk arbetsbelastning studerades också med hjälp av drygt 30 värnpliktiga (del 2). Utifrån försökspersonens hastighet och terrängens lutning beräknades effektkravet. Vid gång på hårt, slätt underlag i stad är effektutvecklingen relativt lätt att beräkna. Vid jämförelse med hjärtfrekvens, och maximalt syreupptag baserat på Coopertest, fås jämförbara värden. Vid snabbare förflyttning i kuperad och otillgänglig terräng krävs kunskap om terrängens inverkan. Effektkravet vid jogging kan jämföras med gång i mer svårframkomlig terräng. På slät väg ökar jogging effektkravet med 50 % jämfört med gång vid samma hastighet. Vid gång i svårframkomlig terräng är effektkravet 100% högre än gång på slät väg och vid jogging i svårframkomlig terräng är effektkravet 150% högre än vid gång på slät väg för samma hastighet.		
Nyckelord GPS, karta, kompass, terrängfaktor, hjärtfrekvens, effektutveckling, hastighet, lutning		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 42 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency NBC Defence SE-901 82 Umeå	Report number, ISRN FOI-R--1567--SE	Report type User report
	Research area code 8. Human Systems	
	Month year May 2005	Project no. E4453
	Customers code 5. Commissioned Research	
	Sub area code 81 Human Factors and Physiology	
Author/s (editor/s) Ulf Danielsson	Project manager Ulf Bergh	
	Approved by	
	Sponsoring agency Swedish Defence Forces	
	Scientifically and technically responsible Ulf Danielsson	
Report title (In translation) Navigation skill and physical work load		
Abstract (not more than 200 words) Navigation skill is crucial för military activities and hence, is considered as basic for the future soldier. This studie discusses the applicability of using a GPS receiver in urban as well as rural terrain (part 1). In urban terrain and close country there is increased risk for signal shadow. The results show that an ordinary commercial GPS receiver got contact with the satellites (fix) at most places in a city centre with an error of +/- 15 m during 92 % of the time period (1 hr 48 min). Fix was obtained during 99 % of the period. The embedded altitude (barometric) meter generally worked well and produced a slope profile comparable with that of maps from Swedish Land Survey. In an open and semi-open terrain the risk of reflections and no fix was minor provided that the receiver was attached on an open surface, preferably at the height of the shoulders. The possibility of using a GPS to estimate the physical work load has been studied using more than 30 conscripts (part 2). From the GPS-information of speed and altitude the power demand was calculated. Power estimations for walking on a flat, hard surface was fairly easy to do and results was comparable with those obtained from heart rate and Cooper-estimated maximum work capacity. For faster speed in a rougher terrain estimations demand knowledge about the terrain factor for walking and jogging. The power demand of jogging on a flat hard surface was 50 % greater than when walking at the same speed. Walking in rough terrain demanded 100% more than when walking on e.g. a flat dirty road (same speed) and jogging in a rough terrain demanded about 150 % more power than when walking on a flat dirty road.		
Keywords GPS, map, compass, terrain factor, heart rate, energy metabolic rate, speed, slope		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 42 p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehåll	sida
Bakgrund och syften	5
Del 1 Norrköping	6
Metoder och teknik	6
Utrustning och genomförande	6
Försökspersoner	8
Resultat	9
Totaltid	9
Totalsträcka	9
Position	9
Höjdprofil	9
Satellitmottagning	12
Hjärtfrekvens under navigering	13
Konditionsprov	14
Cooper	14
Fälttest	14
Position under konditionstest	15
Diskussion	15
Navigering	15
Totaltid	15
Totalsträcka	15
Höjdprofil	16
Arbetsbelastning	17
Konditionstest	19
Cooper	19
Fälttest	20
Position	20
Slutsats Del 1 Norrköping	21
Del 2 Utö	22
Metoder och teknik	22
Utrustning och genomförande	22
Försökspersoner	25
Resultat	26
Konditionsprov	26
Position under konditionstest	26
Orientering	26
Totaltid	26
Total- och delsträcka	27
Hastighet	28
Höjdförflyttning	28
Funna kontroller	28
Hjärtfrekvens	29
Skattad ansträngning RPE	30
Skattad Temperatur RPT	30
Effektutveckling	31
Digitalt kartstöd med GPS	35
Satellitmottagning	35
Diskussion	35
Slutsats Del2 Utö	38
Litteratur	39
Appendix 1	40
Appendix 2	41

Bakgrund och syften

Ett av de mest fundamentala behoven som finns vid militära aktioner är tillgång på lägesuppgifter och möjlighet till orientering. Kunskap om position möjliggör effektiva, förbandsgemensamma aktioner och minskar risken för bekämpning. Men trots att denna kunskap är så central för lösandet av de flesta militära uppgifter är förmågan att orientera, navigera och att fastställa positionen mycket låg i dagens svenska försvar, framförallt hos värnpliktiga. I dagens skola ingår sällan utbildning i orientering men om så är fallet är utbildning i kompass och karta oftast rudimentär. Det gör att dagens värnpliktige oftast inte har någon insikt i hur en kompass används, inte heller hur en karta är uppbyggd och hur karta och kompass används tillsammans. Den bristande insikten gör att det finns ett stort behov av stöd och hjälpmedel för framtida soldaten när han ska fastställa sin position eller kunna navigera till önskat mål. En grundläggande teknik som finns i ett sådant stödsystem baseras på GPS, med eller utan koppling till digitalt kartunderlag. Med GPS finns möjligheten till mycket noggrann positionering och navigering på de flesta platser på jorden. Nackdelen med tekniken är att den är ”beroendeframkallande” och måste därför kompletteras med ett reservsystem som kan nyttjas då tekniken fallerar. Möjligheten att störa GPS-mottagningen måste också beaktas. Även om GPS-information oftast är tillgänglig finns tillfällen som medför försämrade positionsnoggrannhet. Sådana situationer och miljöer är till exempel tät skog och kompakt bebyggelse med trånga gator omgivna av höga hus. Inuti kompakta hus är mottagningen dessutom oftast obefintlig.

Behovet av att kunna positionera sig i händelse av strid eller annan militär aktion är väl dokumenterat. Därför är det nödvändigt att kunskap inhämtas om hur väl en GPS-teknik fungerar såväl i en kompakt stenstad som i kuperad och skogbeklädd terräng. Syftet med denna studie var att undersöka värnpliktigas orienteringsförmåga i en stadskärna, Norrköping (del 1), samt i amfibimiljö, Utö i Stockholms skärgård (del 2). Position, höjdangivelse och förflyttningssträcka dokumenterades med GPS för att även få ett mått på noggrannheten hos en standard-GPS-mottagare. Ett annat syfte var att undersöka användbarheten av GPS vid genomförande av olika konditionstester och för beräkning av fysisk arbetsbelastning vid förflyttning till fots med olika hastigheter. Ytterligare ett syfte med studien var att få en indikation på soldatens förmåga att orientera med karta och kompass samt att förflytta sig i varierande terräng.

Del 1

Metoder och teknik

Utrustning och genomförande

Studierna genomfördes i Norrköpings centrala delar. Bebyggelsen består huvudsakligen av stenhus med ett flertal våningar. Gatorna är med få undantag relativt smala. Det innebär att mottagningsförhållandena för t.ex. GPS-mottagning är ogynnsamma genom att satelliter med stor elevationsvinkel krävs för att GPS:n ska kunna låsa (fix). Med detta krav blir antalet tillgängliga satelliter få till antalet vilket kan förhindra 3-D låsning vilket krävs för litet positionsfel. En annan effekt som uppstår i stenstadsmiljöer är att GPS:n kan låsa på reflexioner med följd att den markerade positionen kan t.ex. hamna inne i byggnaden i stället för det faktiska läget på trottoaren eller på gatan.



Figur 1. GPS (i gul oval) och pulsklocka (i blå oval) var fastsatta i stridsvästen och placerade vid försökspersonens (fp) vänstra respektive högra axeln. På fp i profil syns även en kamera (i röd oval) som användes för dokumentation av vägval och genomförda aktiviteter.

Samtliga försökspersoner bar egen GPS-mottagare och hjärtfrekvensmätare. För delstudien som berörde karthantering och riktning/distans bars även hjälmvideokamera med mikrofon. Syftet med delstudien var att navigera med hjälp av olika typer av kartunderlag till ett antal fasta kontroller där mål skulle anges med bäring och avstånd. Dessutom skulle målen markeras på en papperskarta (Sandberg och Hörberg, 2004). Varje försöksperson åtföljdes av en försöksledare som med hjälp av elektroniskt talminne och eget kartmaterial dokumenterade uppträdandet (se separat rapport). Den sanna förflyttningssvägen dokumenterades manuellt genom att försöksledaren ritade vägvalet på en egen karta. Avvikelsen mellan den av GPS:n registrerade vägen och den sanna skattades manuellt och okulärt genom att jämföra respektive spår. Härigenom uppstår ett visst mått av osäkerhet som dock sammantaget borde vara av försumbar betydelse. GPS-mottagaren var av märket Garmin, modell Geko 301. GPS:n var inställd att lagra position och hastighet varje sekund. Inga batterisparfunktioner var inkopplade. GPS:n har även en inbyggd tryckgivare för inspelning av terrängens profil. Tryckgivaren var inställd på "AUTO" vilket innebär att den stöts av GPS-data, vilka normalt har mycket sämre noggrannhet i z-led (höjdd). Under navigeringsförsöken var GPS:n placerad på försökspersonens ryggsida och i axelhöjd. Det innebar att mottagaren satt

vertikalt vilket inte är optimalt eftersom antennen är konstruerad för horisontellt läge. Placeringen möjliggjordes av de fästband som finns på stridsvästen (figur 1). På samma höjd men på den andra skuldran var pulsmätaren placerad, också den fäst i stridsvästen, för att minimera risken för ofrivilliga knapptryckningar (figur 1). Pulsmätaren var av fabrikatet Polar, modell 810, vilken har pulssändarband med kodad information för att minimera störningar mellan försökspersoner som står nära varandra. Pulsmätarna var inställda på att medelvärdesbilda och lagra pulsvärden baserade på 5-sekunders intervall. Försökspersonerna bar förutom mät- och registreringsutrustningen fältuniform med kroppsskydd 90 och stridsväst. På stridsvästen var gruppradio fäst samt två packfickor i vilka videokamera och batteri var placerade förutom några personliga saker. Totalvikt som bars räknat från nakenvikt var 15 kg. Vapen och ammunition bars inte.

Under delförsöket ”kondition-Fälttest” bar försökspersonen fältuniform med kroppsskydd och hjälm, stridspackning samt vapen (AK5). Den genomsnittliga vikten på den burna utrustningen var 17,9 kg. Försöket genomfördes under första försöksdagen (måndag) vid MSS Kvarn och på samma bana som där Cooper-testet genomfördes (se nedan). Fälttestet innebär 1000 meter löpning. Start och mål var placerad vid samma punkt varför vändning skedde efter 500 meter. Kravet vid genomförande av Fälttest såväl som Coopertestet är att sträckan löps med maximal hastighet. Utifrån tiden för genomförd löpning kan försökspersonens maximala syreupptag (kondition) uppskattas. Försökspersonen var försedd med GPS (Garmin, Geko 301) och pulsklocka (Polar 810) där GPS:n var fastspänd på hjälmen. Pulsklockan var fäst på stridsvästens rygg sida. Samtidigt som försökspersonen fick startsignal startades pulsklockans tidtagarur som också innebar lagring av pulldata. Vid startsignalen startades även insamling av positionsdata med loggningsfrekvensen 1/sekund. Vid målgång stoppades såväl pulsklocka som GPS-datainsamling. Slutpulsvärdet och löptid noterades också manuellt samtidigt som försökspersonen fick skatta upplevd ansträngning enligt Borgs 20-gradiga skala.

Under delförsöket ”kondition-Cooper” bar försökspersonerna träningsoverall över underkläder samt sportskor. Klädesvikten var cirka 2 kg. Cooper-testet innebar löpning 2000 meter på en hård, sträv grusväg. Sträckan utgjordes av distansen 500 meter som genomlöptes fyra gånger. Banan lutade något uppåt och halvvägs på utvägen fanns banans högsta punkten som var cirka 4 meter över nivån vid den gemensamma start- och målpunkten. Testet genomfördes under sista försöksdagen (fredag) vid MSS Kvarn. Vädret var under de två dagarna med konditionstest vackert med svag vind. Temperaturen var strax över fryspunkten. Försökspersonen var försedd med GPS (Garmin, Geko 301) och pulsklocka (Polar 810). Eftersom ingen stridsväst bars fästes pulsklockan på armen medan GPS:n hölls i handen. Samtidigt som försökspersonen fick startsignal startades pulsklockans tidtagarur som också innebar lagring av pulldata. Vid startsignalen startades även insamling av positionsdata med lagringshastigheten 1/sekund. Vid målgång stoppades såväl pulsklocka som GPS-datainsamling. Slutpulsvärdet och löptid noterades också manuellt samtidigt som försökspersonen fick skatta upplevd ansträngning enligt Borgs 20-gradiga skala (se appendix).

Försökspersoner

Antalet försökspersoner var under navigeringsförsöken 16 medan ohälsa gjorde att en inte kunde delta under respektive konditionstest. Medelnakenvikten för personerna var 78 kg. Försökspersonerna var värnpliktiga soldater från MSS. Försöksveckan låg i absoluta

slutskedet av deras utbildning vilket innebar att de var i en optimal fas kunskaps- såväl som konditionsmässigt. De var också mycket väl motiverade för försöken.

Resultat

Totaltid

Varje försöksperson (fp) valde sin egen väg mellan kontrollerna. Det gjorde att totaltiden varierade mellan individerna. Tiden påverkades även av förflyttningshastigheten men framförallt påverkades den tid som fp tog för att lösa sina uppgifter vid de olika stationerna. Den genomsnittliga tiden för hela förflyttningen inklusive lösandet av uppgifterna var 6477 sekunder (1 h 48 min) med variationen från 4637 sekunder till 8449 sekunder

Totalsträcka

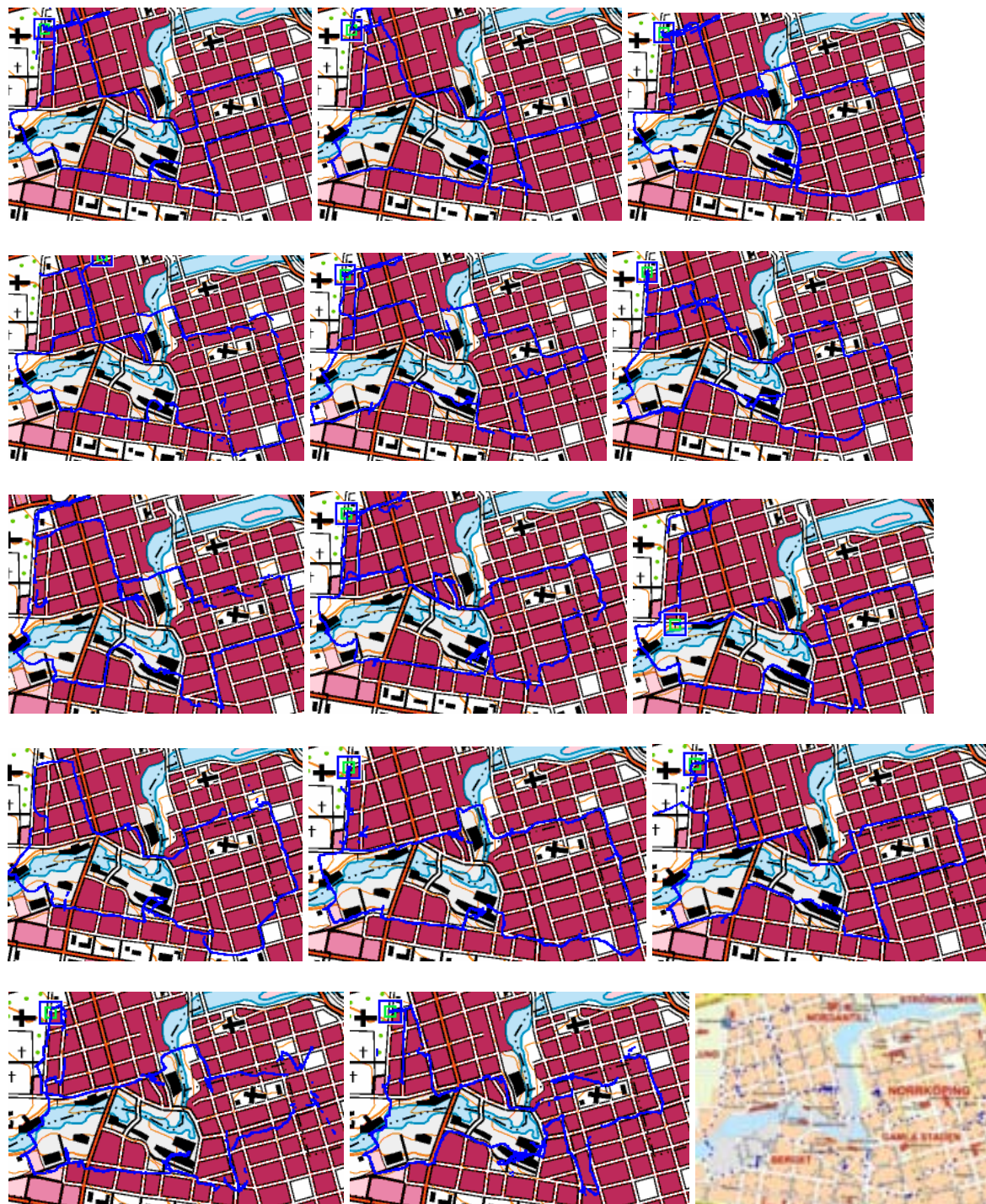
På grund av att varje fp valde sin egen väg blev sträckorna något olika. I medeltal var den verkliga sträckan cirka 5,8 km med variationen 5,4 km till 6,6 km. Graden av chansningar mellan kontrollerna och hur väl kartunderlaget användes påverkade förflyttningsträckan mätt som verklig distans på kartan. Uppmätt distans, mätt som ackumulerade delsträckor ur GPS-data, var betydligt större än den verkliga sträckan nämligen 8,1 km (42 % större). Om den virtuella förflyttningen, som sker vid stillastående beroende på icke-stabil position, inte tas med fås ett riktigare värde.

Position

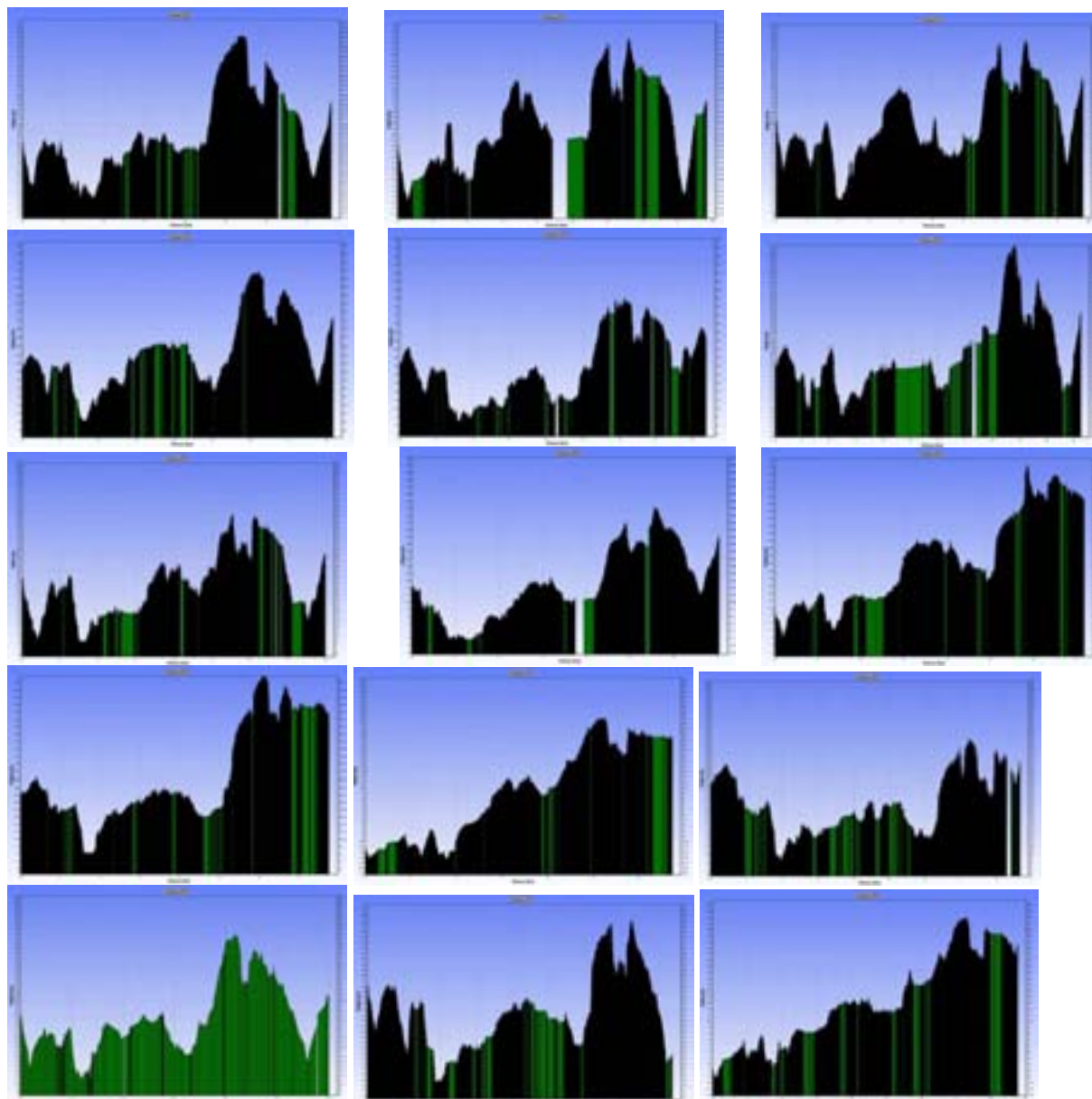
Felet i position uppskattades utifrån GPS-spåret och den av försöksledaren på karta plottade vägen. Tiden då avståndsavvikelse är större än +/-15meter brukar användas som mått på GPS-mottagningens kvalitet. Under goda förhållanden förväntas avvikelsen inte vara större än +/-15 meter under 95 % av tiden. Felet varierade för de olika fp beroende på vid vilken tidpunkt de gick banan och valet av väg. Baserat på 14 fp var de GPS-registrerade positionerna, relativt de verkliga, inom +/-15 meter under 92 % av tiden (GPS-positionen lagrades varje sekund). Variationen mellan fp var från 88 % till 98 %. Om avvikelsen mellan verklig och erhållen position skulle ha valts till inom +/-30 meter bleve precisionen i GPS-registrerad position nära 100 % av den tid då GPS:n var låst mot satelliterna (figur 2).

Höjdprofil

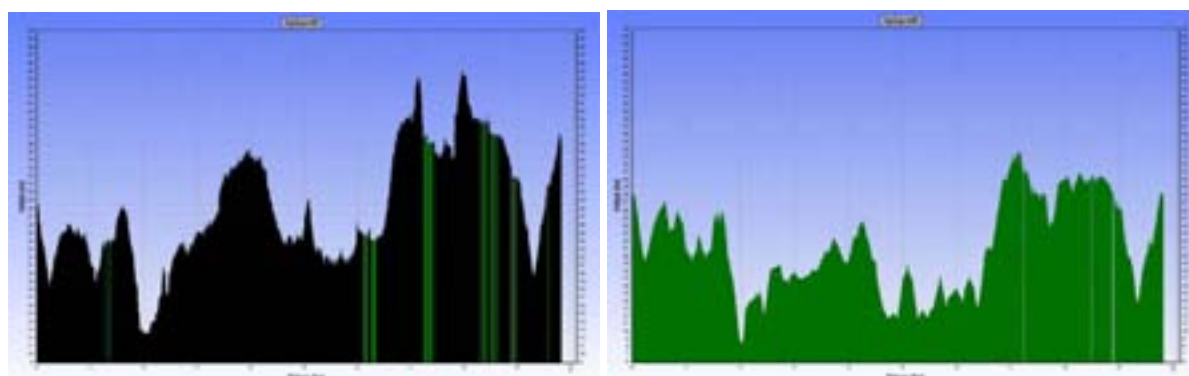
Höjdprofilerna för de olika fp varierade eftersom vägvalen var olika (figur 3). Höjd(tryck)mätaren i respektive GPS kalibrerades inte före start med följd att de absoluta nivåerna skilde sig åt framförallt under försökets tidigare skede. De med tryckmätare uppmätta profilerna skilde sig åt från de satellitskannade profilerna. Stickprov tagna vid varje kilometer av tillryggalagd distans visade att medelskillnaden mellan satellitskannad och tryckmätt profil för samtliga fp var -2 meter (median -3 meter) medan standarddeviationen (s.d.) var 9 meter. Skillnaden är inte signifikant ($p > 0,05$). Figur 4 visar ett exempel på höjdprofiler genererade med de två olika metoderna. För tryckmätarmetoden gällde att då kontakt brutits med GPS-satelliterna så lagrades inte heller höjddata medan höjden oftast kunde fås från den oberoende satellitskanningen.



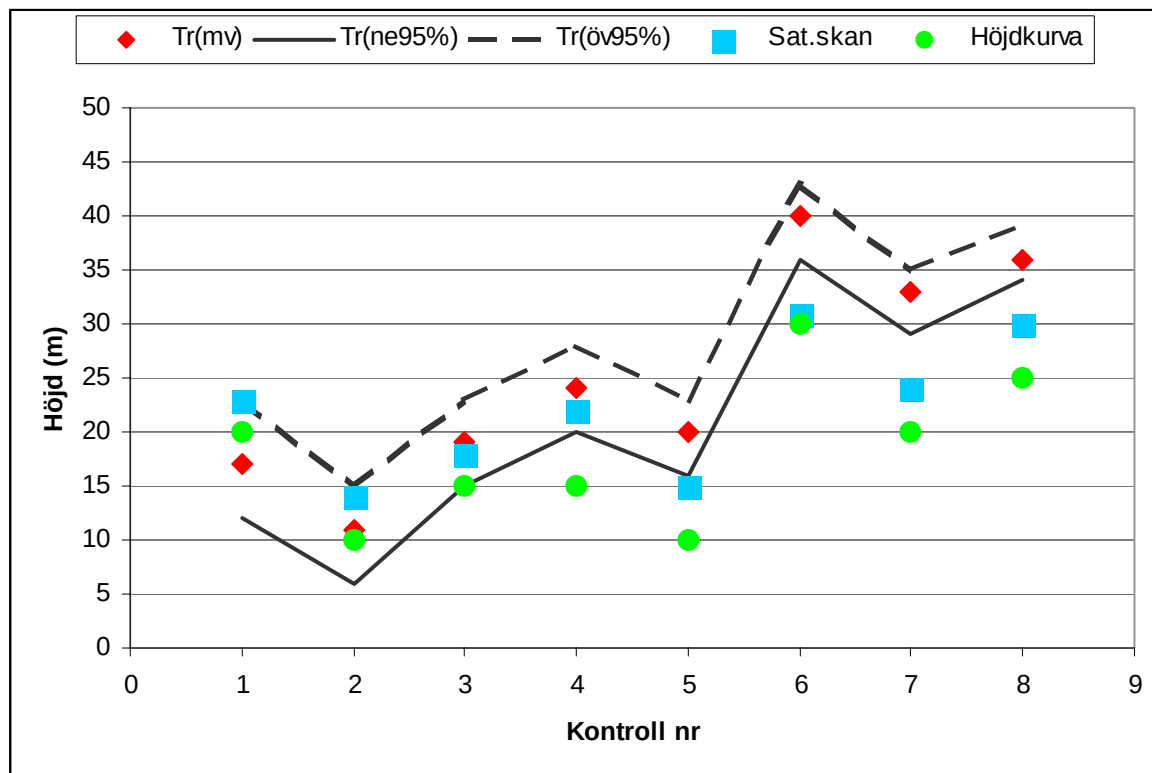
Figur 2. GPS-spåren (blå linjer) från 14 av de 16 fp. Data från en fp lagrades inte och en GPS var felprogrammerad och loggade spåret bara var 30 sekund (nedersta högra bilden på annan typ av karta av läsbarhetsskäl). De blå prickarna visar positionen för fp var 30:e sekund.



Figur 3. Ovanstående höjdprofiler visar de olika fp:s höjd(truck)registreringar. De vertikala, gröna, staplarna är interpolerade data där höjddata saknats. Y-axelns största värde är 50 meter. X-axeln visar tiden för försöket.



Figur 4. Vänstra bilden visar höjdprofilen tagen från truckregistreringen i en fp:s GPS medan högra figuren visar motsvarande sträckas höjdprofil skannad av Endavour-rymdskytteln.



Figur 5. Höjd över havet vid de olika kontrollstationerna mätt med GPS-mottagare (romb), medelvärde och 95 % konfidensintervall, skannade värden från satellit (fyrkant) och avläst från lantmäteriverkets terrängkarta (fylld cirkel).

Mätta, avlästa och skattade höjdangivelse vid varje kontrollstation visade att medelavvikelsen mellan skannat värde och avläst från kartans höjdkurvor var 4 meter. Skannade höjder var lika eller högre än de från höjdkurvorna. Tryckmätta höjder var, bortsett från de första två kontrollerna, högre än de som erhöles från de andra två teknikerna. Vid kontrollerna 5-8 var höjdangivelserna från satellit och höjdkurva utanför 95 % konfidensintervallet omgivande tryckhöjdsmedelvärdet.

Satellitmottagning

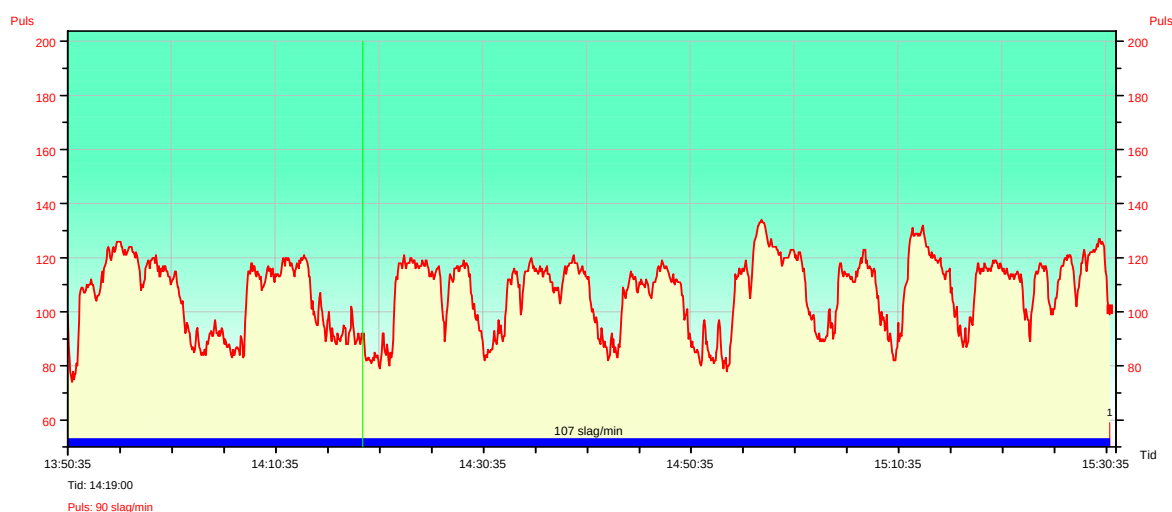
Vid ett antal tillfällen uppstod avbrott i satellitkontakten. Antalet tillfällen varierade mellan fyra till fem, vilket sannolikt berodde på samma skäl som onoggrannheten i positionen, d.v.s. beroende på tidpunkt (satelliterna läge) och vägval. Viktigare än vägvalet för risken för avbrott var hur förplacerade sig vid lösande av uppgiften. Antalet tillfällen då kontakten med tillräckligt antal satelliter blev för lågt för att låsa positionen var i medeltal 2 med variationen från en gång till nio tillfällen. Avbrotten innebar att positionen inte kunde fås under i genomsnitt 59 sekunder med variationen från 2 sekunder till 180 sekunder. Eftersom totala försökstiden var 6477 sekunder i genomsnitt erhöles positionsuppgift under 99 % av tiden.

Antalet GPS-satelliter vid given elevation och azimuth varierar kontinuerligt. Genomgående fanns fler satelliter tillgängliga under eftermiddagen (kl. 13 – 15) än under morgonen (kl. 08 – 10). Antalet satelliter med elevation större än 15 grader var 5 till 7 under morgonen medan under eftermiddagen fanns 6 till 8 satelliter synliga över 15 grader. Motsvarande antal

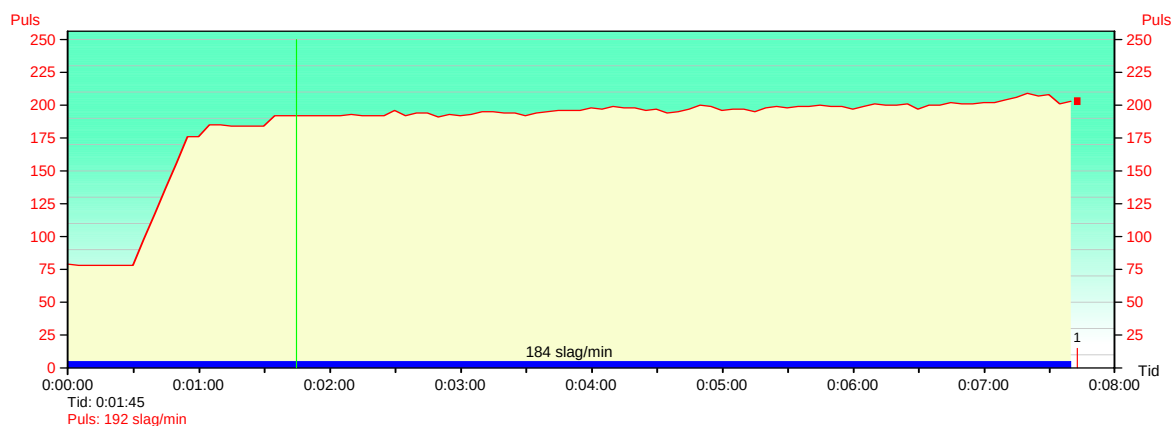
satelliter, för elevationsvinkeln större än 30 grader, var 3 till 5 (kl. 08 - 10) respektive 5 till 6 satelliter (kl. 13 – 15). Om kravet varit en elevationsvinkel större än 45 grader hade 1 till 4 respektive 3 till 6 satelliter funnits tillgängliga. Minimikravet för låsning är 3 satelliter men positionsnoggrannheten ökar med ökande antal låsta satelliter varför minst 4 men helst 6 till 7 bör vara synliga.

Hjärtfrekvens under navigering

Hjärtfrekvensen varierade beroende aktivitet, förflyttningshastighet och terrängens lutning. Dessutom finns stora individuella variationer som bl.a. beror på kondition och kroppsstorlek. Den genomsnittliga pulsen under förflyttning var 109 slag/min med variationer från 80 till 120 slag/min. Förflyttningshastigheten mellan kontrollerna var 1,5 till 1,7 m/s. Under vilan, i samband med lösandet av positionerings- och avståndsbestämningarna, sjönk pulsen med 20 till 30 slag/min (figur 6).



Figur 6. Hjärtfrekvenskurvan för en av försökspersonerna visande hela navigeringsförelöppet. De bredare "dipparna" visar pulsen under de åtta mer omfattande kontrollerna. De smala dipparna visar bl.a. "rödljusvila"

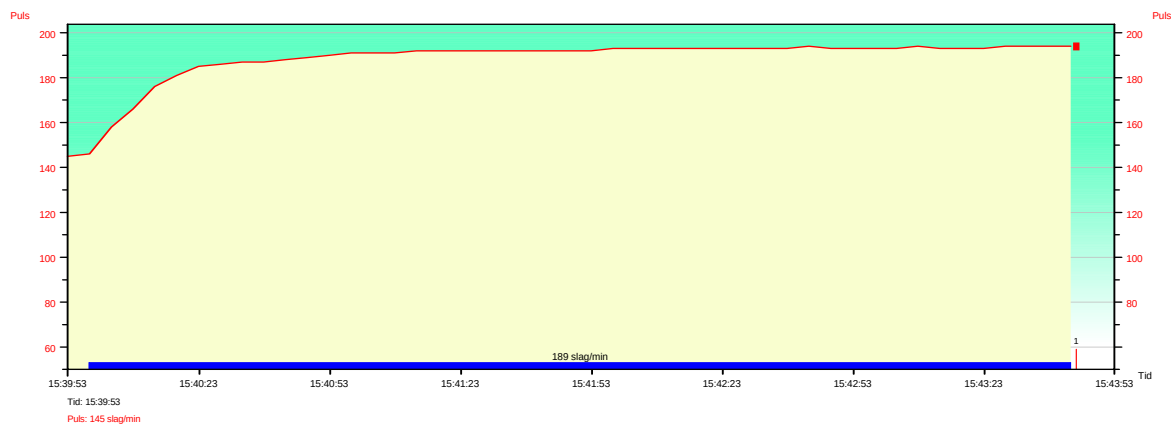


Figur 7. Pulskurvan för en av försökspersonerna under Coopertestet.

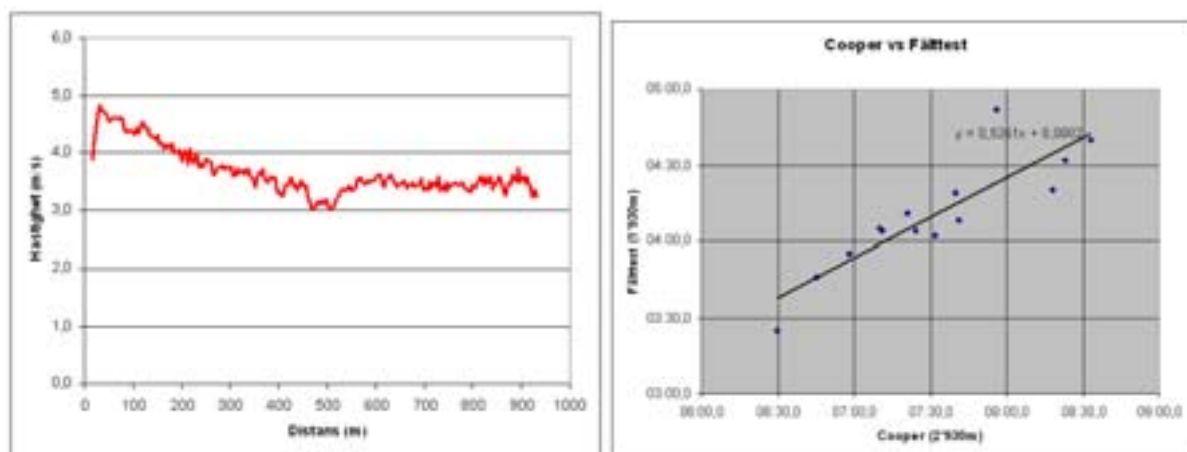
Konditionsprov

Cooper. Distansen som löptes var 1860 meter. Löptiden för denna sträcka var 7 min 34 s i genomsnitt för 15 försökspersoner. Korrigerat till det standardiserade 2000 meter ger en beräknad medeltid på 8 min 8 s. Det ger en medelhastighet på 4,1 m/s. Figur 7 visar hjärtfrekvenssvaret på Coopertestet för en försöksperson.

Fälttest. Distansen som löptes var 930 meter. Löptiden för denna sträcka var 4 min 11 s i genomsnitt för 15 försökspersoner. Korrigerat till det standardiserade 1000 meter ger en beräknad medeltid på 4 min 30 s vilket ger medelhastigheten 3,7 m/s. Figur 8 visar hjärtfrekvenssvaret på Fälttestet för en försöksperson. Figur 9 (vänster) visar försökspersonernas medelhastighet vid olika tillryggalagda distanser. Figur 9 (höger) visar korrelationen mellan tiden för genomfört Coopertest (x) och tiden för Fälttestet (y). Den linjära anpassningskurvan har ekvationen $y = 0,5251 \cdot x + 0,0002$ och korrelationskoefficienten (r^2) är 0,76.



Figur 8. Pulskurvan för en av försökspersonerna under Fälttestet.



Figur 9. Hastigheten under olika delar av fälttestbanan (930 meter) beräknat som rullande (5 sekunder/20 meter) medelvärde för fp (vänstra figuren). Tiden för genomfört fälttest (930 meter) relaterat till tiden för genomfört Coopertest (1860 meter). Fälttestet genomfördes med 17 kg utrustning inklusive vapen medan Coopertestet genomfördes i träningskläder (2 kg). Korrelationskoefficienten i kvadrat (r^2) var 0,76 (högra figuren).



Figur 10. GPS-spåren under Coopertestet (vänster) respektive Fälttestet (höger) för en av försökspersonerna. Delsträckorna under Coopertestet följer inte samma (fysiska) spår medan under fälttestet går "utspåret" exakt samma väg som "hemspåret" som också är lika med det sanna, fysiska spåret.

Position under konditionstest

GPS-data från majoriteten av Coopertesten var oanvändbara för bestämning av förflyttningssträcka, hastighet mm. Däremot under Fälttestet gav samtliga registreringar god noggrannhet vid såväl registrerade spår som förflyttad distans (figur 10). Fälttestdistansen var 930 meter när den mättes med mätthjul. Distansen, erhållen ur GPS-data från elva försökspersoner, var 932 meter med standarddeviationen 7 meter. Distansen varierade mellan 944 meter och 920 meter. Enligt GPS-spåren vände de flesta vid samma, vid vägkanten, utmärkta punkt.

Diskussion

Navigering

Totaltid

Tiden för att genomföra navigeringen och lösa uppgifterna vid de olika kontrollerna varierade stort mellan individerna. Orsaken var i de flesta fall inte kopplad till förmågan att navigera eller förflyttningshastigheten. Skälet till spridningen var den tid försökspersonen tog att lösa uppgifterna. Marschhastigheten mellan kontrollerna var cirka 1,6 m/s utom vid ett fåtal tillfällen då orienterandet medförde att hastigheten gick ned eller att försökspersonen stannade på grund av trafikskäl. Ingen extratid gick åt för att vila vilket delvis berodde på att bördan, cirka 15 kg, ansågs som lätt.

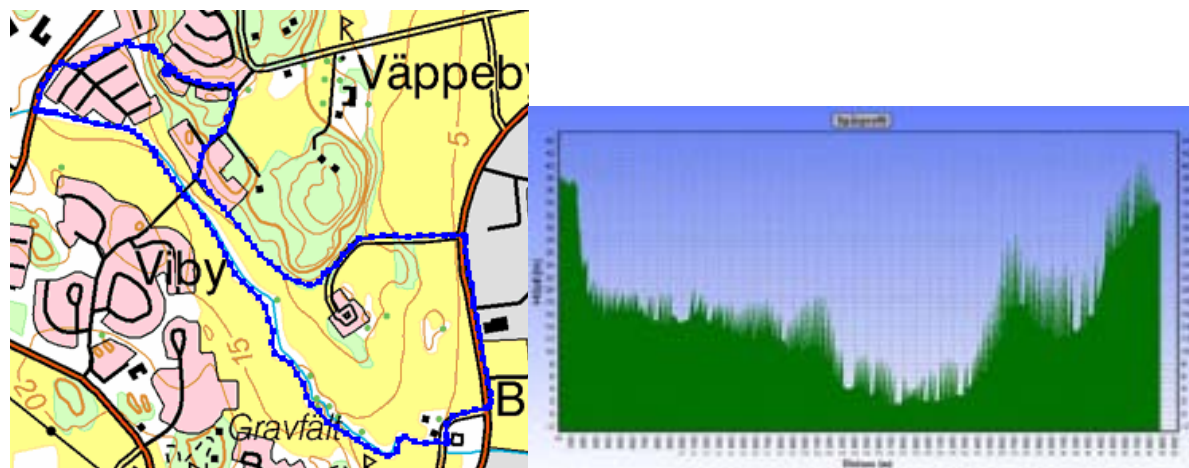
Totalsträcka

Samtliga försökspersoner valde olika vägar mellan kontrollerna. Genomgående valdes säkra vägar och endast vid några få tillfällen chansade några försökspersoner att ta vägar som inte helt säkert, enligt kartunderlaget, hade genomgående förbindelse. Skillnaden i vägsträcka var, trots skillnader i vägval, relativt liten, där de flesta sträckor var omkring 5,7 km med någon kilometer i variation. Ytterligheten, 6,6 km, berodde på fel vägval vid sökande efter den svåraste kontrollen samt i övrigt försiktig attityd som innebar att byte av gata undveks.

Den av GPS:n registrerade totalsträckan var cirka 40 % längre än den sanna. Till detta finns flera förklaringar. En är att "bruset" i signalen ger virtuella förflyttningar när man står stilla. Eftersom en betydande del av totaltiden representerade stillastående vid kontrollerna registrerade GPS:n en icke försumbar sträckförflyttning. Genom att förflyttningens riktning inte ingår i distansdata tar inte "brusförflyttningarna" ut varandra. Om så hade varit fallet skulle felet ha blivit försumbart. Genom att förändra GPS-programvaran kan felet hanteras bättre. Men den dominerande orsaken till felet i distans var valet av loggningsfrekvens, 1/sekund, i förhållande till förflyttningshastigheten (<2 m/s). Eftersom positionsdata har upplösningen 1 meter kommer varje position i praktiken att trunkeras till närmaste meter. Med en förflyttningshastighet som ligger mellan 1 och 2 meter/sekund kommer distansen mellan två konsekutiva positioner ofta att beräknas ur "summan av kateterna" i stället för ur "hypotenusan". Därmed blir distansen ungefär $2/\sqrt{2} \approx 1,4$ vilket stämmer med felet på cirka 40 %. Vid högre hastigheter eller lägre loggningsfrekvens minskar felet. Vid Cooper- och Fälttestet där löphastigheten var cirka 4 m/s och loggningsfrekvensen 1/sekund blev den GPS-mätta distansen nästan exakt densamma som när sträckan mättes med mätthjul. Figur 2, nederst högra bilden, visar positionerna när loggningsfrekvensen var 1 gång var 30 sekund. Enligt resonemanget ovan, om felkällor, bör den GPS-registrerade distansen erhållen vid låg loggningsfrekvens var mer riktig. Så var också fallet där den registrerade distansen var 5,9 km vilket hyggligt överensstämmer med 5,6 km vilket var den sanna distansen.

Höjdprofil

Höjdprofilerna för de olika valda spåren varierade. Höjd(tryck)mätaren i respektive GPS kalibrerades inte före start vilket medförde att de absoluta nivåerna skilde sig åt en del mellan försökspersonerna. Avvikelsen minskade dock med tiden vilket sannolikt beror på att tryckmätaren var satt i AUTO-läge. Det innebär att GPS-höjden stöttar tryckmätaren men att ingreppet är långsamt eftersom GPS-höjden på kort sikt har dålig noggrannhet men med integration under längre tider kan ge ett relativt noggrant medelhöjdsvärde. Figur 3 antyder dock att även om vissa delar av profilerna tycks vara gemensamma, är variationen bitvis stor för approximativt samma delsträcka. Andra mätningar tyder dock på att relativt god absolutnoggrannhet kan uppnås. Vid jämförelse (figur 11) mot säkra positioner har avvikelsen i tryckmätt höjddangivelse från kända höjdkurvor varit 1 meter eller mindre. Förutsättningen har dock varit att GPS:n har fått "normaliseras" i rätt temperatur under minst 5 minuter och därefter kalibrerats mot känd höjd. Därefter har kalibreringen varit "AUTO" vilket innebär att den stöts av GPS-satelliterna. De tryckmätaruppmätta profilerna skilde sig åt från de höjdprofiler som skannats av Endavour-rymdskytteln. Dessa skannade data finns tillgängliga för breddgraderna 56 grader syd och 60 grader nord (<http://edcsgs9.cr.usgs.gov/pub/data/srtm>). För tryckmätarmetoden gällde att i de situationer då kontakt brutits med GPS-satelliterna så lagrades inte höjddata medan den skannade, höjddatabasen alltid kan finnas tillgänglig. Ett försök till kvantitativ jämförelse mellan höjddata av olika källor gjordes vid de olika kontrollpositionerna vilka var gemensamma för samtliga försökspersoner även om dessa tog olika vägar för att nå målen. Ankaret i jämförelsen var lantmäteriets höjdkurvor på terrängkartan. Ett problem är dock att upplösningen är endast i 5 meters intervall och informationen tillåter knappast interpolering. Dessutom är det bitvis svårt att följa höjdkurvorna. Med kännedom om dessa begränsningar visar data att tryck, satellit och höjdkurvinformationen gav liknande profiler. Satellitdata gav genomgående högre höjder än höjdkurvorna vilket sannolikt beror på att hustak och andra byggnader gav extra höjdbidrag. Överensstämmelsen mellan dessa två metoder är bättre än vid jämförelse med tryckhöjdsdata. Förklaringen kan vara att GPS-tryckmätaren inte kalibrerades mot känd höjd innan start utan stöttades av GPS-höjden som oftast har sämre noggrannhet. Detta stöds av förhållandet att



Figur 11. Jämförelse mellan tryckmätt och satellitskannad höjdprofil i omgivningar som innehåller både slät mark och höjder (vänster). Höjdprofilen (höger) visar data från tryckmätare (baskurvan) och skannade data som överlagrats ("fransarna")

skillnaden mellan individernas höjddata vid kontrollerna minskade ju längre tiden gick. Vid de första kontrollerna var det 95 %-iga konfidensintervallet 10 till 12 meter medan det vid de sista kontrollerna var cirka 5 meter.

Noggrannheten för de två metoderna beror på flera omständigheter. Tryckmätaren har en upplösning som är bättre än 1 meter men uppmätt värde påverkas av t.ex. omgivningstemperaturen och lufttrycksändringar som kan vara av olika ursprung. Enligt specifikationen för GPS-mottagaren är noggrannheten 3 meter för konstant lufttryck. Fördelarna med denna teknik att det går att mäta förändringar i höjd (tryck) med betydligt bättre noggrannhet under begränsad tid. Så om bara förändringar i höjd är intressant är tekniken värdefull. Fördelen med satellitskannade höjddata är att de är oberoende av lufttryck, temperatur, skakningar mm. Höjdupplösningen är 1 meter men den praktiska noggrannheten är sannolikt +/- 3 meter under gynnsamma förhållanden. Felet beror också på terrängtypen eftersom de skannade värdena är separerade med 3 bågsekunder vilket motsvarar ungefär 90 meter på markytan.

Höjddata är alltså givna i ett rutmönster vilket medför att mellanliggande värde interpoleras. Höjdprofilen i städer kan därmed vara belastade med större fel om höjden skannats mot tak och inte marknivån. Skannade höjder kan bli "utsmetade" eftersom de medelvärdesbildas vilket gör att distinkta höjder blir "för låga" medan platser nära randen, nedanför höjden, blir "för höga". Figur 11 visar att felet blir större där stora höjdskillnader förekommer. Fransarna i figuren (höger) visar skillnaden mellan tryckmätt och skannad höjd och längden på dessa är minsta vid de "platta" partierna medan de växer nära och vid passage över t.ex. bergknallar. Nämnda typer av fel och begränsningar gör att GPS med tryckmätare är användbar vid t.ex. beräkning av lokala lutningsprofiler. Om det däremot är viktigt med höjddata med absolutmått och ett fel på cirka 8 meter kan accepteras är skannade satellitdata att föredra.

Arbetsbelastning

Den fysiska belastningen var låg till måttlig under navigeringsförsöket. Medelhjärtfrekvensen var 109 slag/min under förflyttningen mellan kontrollerna. Enligt Cooper- och Fälttestet samt beräkningsschablonen $HR_{max} = 220 - \text{ålder}$ var försökspersonernas maxpuls ungefär 200 slag/min (197 vid Cooper). Med en vilopuls på cirka 60 slag/min nyttjades cirka $(109 - 60) / (200 - 60) \approx 35\%$ av maximala aeroba arbetsförmågan under förflyttningen. En sådan

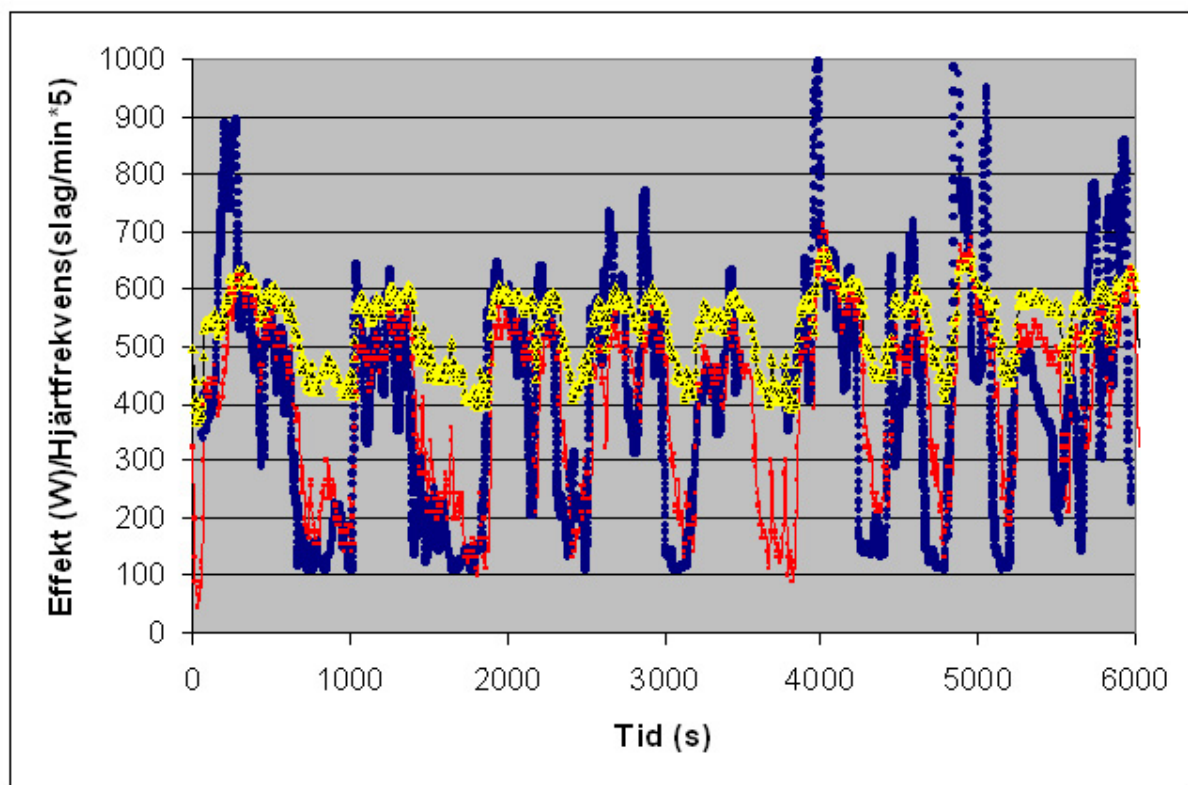
belastningsnivå kan unga friska män utstå under 8 timmar eller mer. Det är också en nivå som brukar väljas när belastningsuttaget får väljas fritt vid långvarigt fysiskt arbete. Enligt Coopertestet var den maximala aeroba kapaciteten $55 \text{ mlO}_2/(\text{kg}\cdot\text{min})$ vilket, med medelvikten 78 kg, ger ett maximalt syreupptag på $4,3 \text{ lO}_2/\text{min}$ och omräknat till effektmått är detta 1484 W (samtliga värden korrigerade för anaerob effektproduktion). Givet att 10 % kommer från anaeroba processer (se nedan) blir, med ett uttag på 35 % under marsch, motsvarar effekt cirka 470 W. Enligt andra beräkningsmallar, baserade på förflyttningshastighet, egen och bördans storlek, underlagets beskaffenhet och höjdprofil, bör förflyttningen ha krävt 480 W (Soule och Goldman, 1972) om hastigheten är 1,6 m/s, kroppsvikten och bördans vikt är 78 kg respektive 15 kg samt att underlaget är hårt och jämnt (figur 12). Överensstämmelsen mellan de två beräkningsmetoderna tycks vara god. Vid kontrollerna sjönk hjärtfrekvensen med 20 till 30 slag/min vilket återspeglar låg fysisk och emotionell belastning under lösandet av uppgifterna.

Figur 12 visar effektutvecklingen (arbetsbelastningen) hos en försöksperson under genomförandet av orienteringsövningen. Effektutvecklingen är beräknad (Santee et al., 2001, Danielsson och Grambo, 2003), utifrån data på förflyttningshastighet och lutning vilka erhålls från GPS-data. Figuren visar också arbetsbelastningen för samma fp uttryckt som hjärtfrekvens samt effekten beräknad ur pulskurvan. "Puls"- och "GPS"-effektkurvorna visar samma mönster med omväxlande vila (låg puls och effekt) och förflyttning (förhöjd puls och effekt). Kurvorna sammanfaller väl efter att "GPS"-effektkurvan justerats för ett cirka 4 minuter bortfall av GPS-data vilket skedde vid kontroll 5. Glappet syns tydligt i motsvarande höjdkurva (figur 3, nummer två i övre raden) där frånvaro av data markerats med mellanrum i höjdgångsvärderna. Beräkningen av effektutveckling från GPS-data är i princip enkel. Med kännedom om personens, inklusive börda, vertikala förflyttningshastighet och verkningsgraden vid koncentriskt och excentriskt arbete samt underlagets beskaffenhet kan effektkravet beräknas. Problemet är det brus i form av distans och höjd som GPS:n ofrånkomligen producerar. Ur positionsynvinkel är bruset oftast helt försumbart men omsatt till effektkrav på människa blir bruset ibland helt dominerande. Som exempel kommer ett höjdfel på 0,1 m per sekund (uppförsbacke) att kräva närmare 500 W i energiomsättning vilket motsvarar ungefär den effektnivå som krävdes under förflyttningarna mellan kontrollerna. För att förhindra att fel av den digniteten slår igenom måste ett kraftfullt filter appliceras på såväl höjd- som distansdata. Detta är inte helt enkelt. Eftersom verkliga förändringar inte ska släpas ut krävs ett selektivt och anpassningsbart filter. Ett verkligt effektivt sådant saknas för närvarande. Men ett "fysiologiskt" filter finns inbyggt i pulsen. Genom att hjärtat reagerar långsammare med ändrad puls jämfört med det faktiska effektkravet som förflyttningen ställer (anaeroba energiprocesser står för mellanskillnaden) fås en "mjukare" kurva som inte behöver filtreras. Så, om hjärtfrekvensen bara reagerar på effektkravet behövs inte GPS-data för beräkning av arbetsbelastningen. Men i och med pulsens långsammare svar fås såväl en fördröjning som eftersläpning vid ändrat effektkrav. Dessutom påverkas pulsen av kroppstemperatur, mental belastning, statiskt arbete m.m vilka gör att nivån på "puls"-effektkravet kan avvika avsevärt från den sanna. I figur 12 är effekten beräknad ur pulsdata. Men om effekten skulle beräknas strikt efter försökspersonens maxpuls och maximalt syreupptag (Cooper/fälttestet) och antagen vilopuls på 60 slag/min fås alltför hög effekt. Nivån är i genomsnitt 30 % för hög men fås att sammanfalla väl med GPS-beräknad effekt om vilopulsen justeras till 70 slag/min. En sådan justering kan förklaras av en liten värmelagring, ca 1,2 kJ/kg, motsvarande en kroppstemperaturökning med ca 0,4 °C orsakad av förflyttningsarbetet. Med detta antagande överensstämmer "puls"-effektkurvan väl med "GPS"-effektkurvan bortsett från en liten, fysiologiskt riktig fördröjning vid framförallt

början av viloperioderna. Gynnsamt vore alltså att kombinera GPS- med hjärtfrekvensdata för att få en relevant nivå utan komplicerade filtreringsbehov.

Konditionstest

Cooper. Coopertestet visade att gruppen av försökspersoner hade en konditionsnivå som var i nivå eller något bättre än som vanligen råder bland skyttesoldater. Nivån $55 \text{ mlO}_2/(\text{kg} \cdot \text{min})$ är i storleksordningen 5 till 10 % högre än förväntat och kan bero på att soldaterna var i absoluta slutskedet av sin utbildning och därmed som bäst fysiskt tränade. Ett annat skäl till det relativt höga värdet är att Coopertestet gjordes på en bana 1860 meter lång medan jämförande Cooperdata har ursprunget 2400 meter. Det medför att en större andel av den producerade effekten kom från anaeroba processer vilket ger falskt förhöjda konditionsvärden. Energitillskottet via laktat är som störst i storleksordningen $50 \text{ mlO}_2/\text{kg}$ vilket skulle ha motsvarat cirka 10 % av åtgången oxygen under Coopertestet om resursen nyttjats helt. Coopertestet genomfördes med välmotiverade soldater vilket slutpulsen på 197 slag/min antyder. Det är troligen mycket nära maximala pulsen för gruppen. Skattning av upplevd ansträng, RPE, gav som median värdet 16 vilket motsvarar mellan "ansträngande" (15) och "mycket ansträngande" (17). Att inte testet skattades tyngre när ändå nästan maximal puls uppnåddes beror sannolikt på arbetsformen och den relativt korta arbetstiden, cirka 7:33 minuter.



Figur 12. Effekttutvecklingen under stadsorienteringen, beräknad från GPS:data, höjd och hastighet, från en försöksperson (blå kurva). Gul-svart kurva visar motsvarande pulskurva för samma försöksperson Röd kurva visar effekt beräknad ur pulsdata samt beräknat maximalt syreupptag (Coopertestet).

Fälttest. Figur 9 (höger) visar, med få undantag, att försökspersonerna genomförde de olika testerna med samma "engagemang". Det medförde att korrelationen mellan de två testen var relativt god ($r^2=0,76$). Konditionstestet i form av fälttest skattades lika tungt, 16 enligt Borgskalan. Slutpuls var i det här testet 191 slag/min vilket är något lägre än i Coopertestet (197 slag/min). Det skulle kunna bero på, trots skattningsvärdet, att soldaterna inte ansträngde sig lika mycket. Det skulle också kunna bero på att fälttestbana bara var hälften så lång som Cooperbanan, 930 meter. Det kan ha medfört att pulsen inte nådde upp till samma nivå på grund av kortare arbetsperiod. Den var 4 min 11 s. Ett troligare skäl till att pulsen inte nådde samma nivå som under Coopertestet var att utrustningen, och då framförallt vapnet (AK5), kan ha förhindrat lika stor effektutveckling av ergonomiska skäl.

Trots fältutrustningen, som innebar att den burna vikten var cirka 15 kg större än under Coopertestet, var skillnaden i löphastighet inte så stor. Genomsnittshastigheten under Cooper var 4,1 m/s medan den under fälttestet var 10 % lägre, nämligen 3,7 m/s. Om skillnaden i buren vikt, 15 kg, har full verkan på hastigheten kunde en skillnad på cirka 20 % ha förväntats. Utgående från den faktiska skillnaden på 10 % finns några korrekationer som bör göras. Om hänsyn tas till skillnaden i slutpuls, under antagandet att skillnaden också har sin motsvarighet i utvecklad effekt, bör tidsskillnaden ha varit 4 % mindre. En annan nödvändig korrektion rör förhållandet att Coopertestet krävde tre vändningar medan fälttestet krävde en vändning. Det minskade sannolikt hastigheten något och kan förklara cirka 2 % av tidsskillnaden vilket med föregående korrektion borde resultera i en sammanlagd tidsskillnad på cirka 8 %. Om syreupptaget antas nå sitt maxvärde momentant vid testets början, och att den anaeroba resursen är lika stor under båda testen ($50 \text{ mlO}_2/\text{kg}_{\text{kroppsvikt}}$), skulle den utnyttjbara effekten var $17,8 \text{ W/kg}_{\text{totalvikt}}$ under fälttestet och $19,0 \text{ W/kg}_{\text{totalvikt}}$ under Coopertestet. Denna skillnad på 7 % stämmer väl överens med den uppmätta, korrigerade tidsskillnaden (8%). Beräkningsmodellen är dock något förenklad eftersom syreupptaget inte når sitt maxvärde momentant. Figur 9 vänster visar, att efter den initiala accelerationen var hastigheten betydligt högre än under resten av distansen. Det är under den här periodens början som den utvecklade effekten till stor del kommer från anaeroba processer medan den aeroba effektutvecklingen inte ännu nått sitt maximum. Motsvarande kurva för Coopertestet kunde inte beräknas på grund av GPS:s bristande mottagningsförhållanden. Därför är det okänt hur stor skillnad det var i momentan hastighet under starten. Men den tillgängliga medeleffekten bör alltså ha varit något lägre än 17,8 respektive 19,0 W/kg på grund av syreupptagets insvängningsförlopp. Ökningstakten hos syreupptaget beror på arbetets effektkrav. Så, beroende på om högsta effektkravet ställdes vid Cooperlöpningen eller fälttestet, blir skillnaden mellan de två effekterna något större respektive något mindre än 7 %.

Position. Registrering av spåren under Coopertestet fungerade dåligt. Orsaken var sannolikt den att eftersom GPS:n inte kunde fästas säkert på fp hölls den i handen. Uppenbarligen blev signalnivån i det läget för dålig. För de flesta försökspersoner registrerades spåren sporadisk och när läsning väl skedde så var det inte sällan med dålig noggrannhet. Figur 10, vänster, som visar tre "spår" var ändå den bästa av registreringarna under Coopertestet. Slutsatsen är att en GPS helst inte ska bäras i sluten hand utan bör sitta så högt som möjligt på kroppen. Beroende på typ av antenn bör mottagaren sitta antingen vertikalt eller, som med Garmin Geko 301, horisontellt. Av fastsättningsskäl bars dock Garmin-mottagaren i samtliga mätsituationer i nästan vertikalt läge. Under fälttestet fungerade spårregistreringen utmärkt bra. Figur 4 (höger) visar en typisk registrering där de två spåren, fram och tillbaka, går i

varandra och att inga "ströpositioner" uppstår, inte ens vid vändningen. GPS:n var fastsatt på hjälmen vilket är bästa positionen för mottagning. Ännu bättre hade signalnivån blivit om den kunnat fästas horisontellt på hjälmen. Den uppmätta distansen, 930 meter, stämde mycket väl med det medelvärde som erhöles från GPS-data (932 m). Variationen, från 920 meter till 940 meter berodde delvis på att alla inte vände exakt på samma punkt och inte heller (i några fall) startade och (oftare) stannade på exakt samma punkt. Eftersom loggningsfrekvensen var den högsta möjliga, 1/sekund, uppstod visst fel i distans och hastighet. Om frekvensen hade varit lägre hade noggrannheten i distans och hastighet blivit bättre eftersom GPS:n har en upplösning på 1 meter. På grund av att löphastigheten var ungefär 4 m/s blev felet dock avsevärt mindre än under navigeringen (40 % för lång sträcka).

Slutsats Del 1

Nyttan av att använda GPS för positionering och navigering i bebyggelse (stenstad) bestående av relativt höga hus är något mer begränsad än vid vistelse i öppen terräng. Positionsnoggrannheten är dock under den större delen av uppkopplingstiden nästan lika god som i öppnare terräng. Försämringen uppstår huvudsakligen i att det finns fler lägen då GPS-mottagaren har svårt att spåra tillräckligt antal satelliter. Speciellt vid vissa tidpunkter när en husvägg skuggar satelliterna kombinerat med vistelse nära den skuggande husväggen kan positionering omöjliggöras. För att uppnå hög noggrannhet i förflyttad distans måste loggningsfrekvensen matcha förflyttningshastigheten. Det sker enklast genom att nyttja "AUTO"-läge. Inbyggd höjd(tryck)mätare kan vara värdefull framförallt vid beräkning av relativa höjdprofiler. Vid mätning av absolut höjd eller profiler uppmätta under längre tidsförlopp måste lufttryck och temperatur vara konstant förutom att GPS:n måste kalibreras mot känd höjd. Detta kan ske genom att nyttja data skannade från satellit. Sådan information ger förhållandevis god information om terrängens höjdprofil. Genom att använda "AUTO"-läge även för (tryck)höjddata kommer långvariga mätningar, med tryck och temperaturfluktuationer, att bli hyggligt noggranna genom att även GPS-satelliternas höjdinformation nyttjas. Beräkning av individens arbetsbelastning utifrån GPS-data, hastighet och terrängens profil, är möjlig i bebyggelse. Behov av effektiva filter för att sortera bort, alternativt dämpa bruset i distans och höjd finns dock, brus som är ofrånkomligt vid nyttjande av en standard-GPS. Genom att selektivt och dynamiskt kombinera GPS- och hjärtfrekvensdata bör den terräng- och uppgiftsrelaterade fysiska belastningen kunna estimeras än bättre.

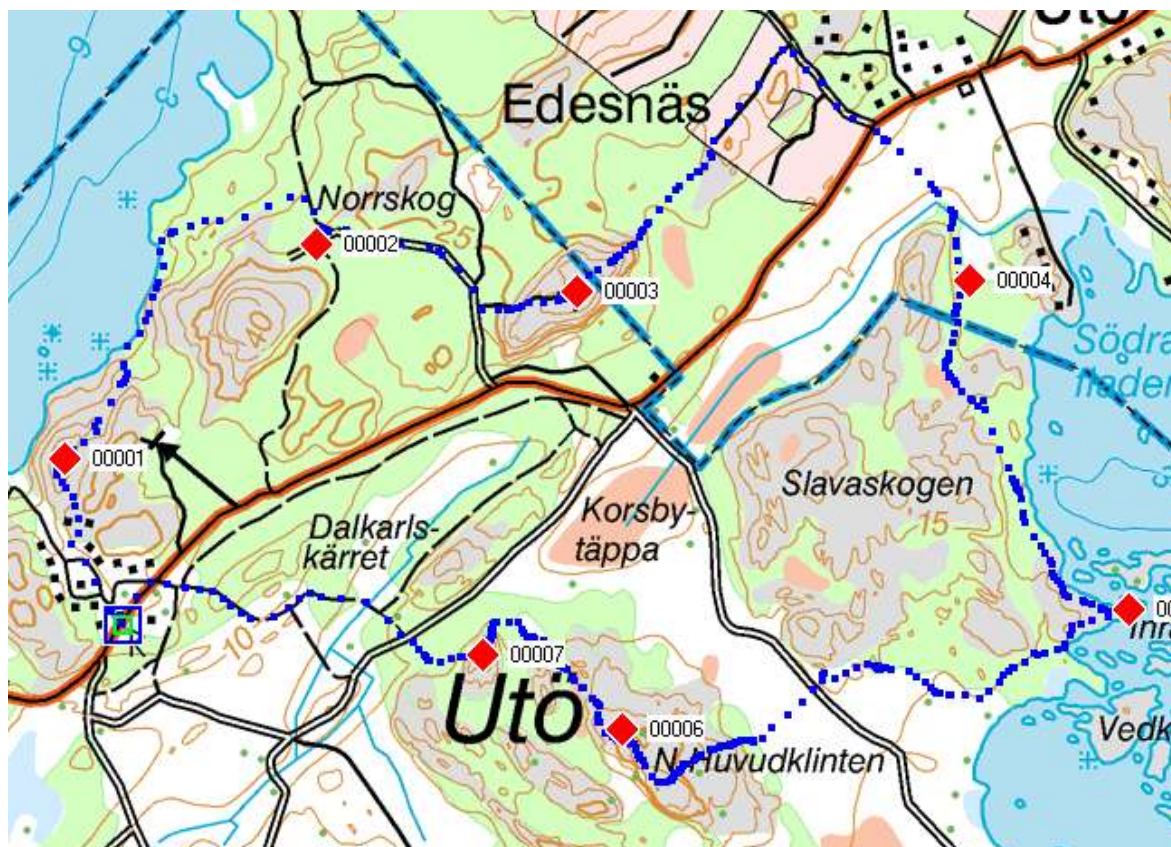
Del 2

Metoder och teknik

Utrustning och genomförande

Studierna genomfördes på Utö i Stockholms skärgård (figur 13). Terrängen består av låg skog med insprängda ängar och delvis igenvuxna fält. Kuperingen består av bergknallar, upp till 50 meters höjd, som delvis är bevuxna med låg tallskog. Strandlinjen är sönderbruten av djupt inskjutna vikar. Stranden består delvis av sand men i övrigt går kala berghällar ner till vattnet omväxlande av fuktig mark. Framkomligheten till fots är genomgående god men det finns partier med sly som är mycket svårgenomtränglig. Vissa bergpartier är också branta.

Försöket genomfördes v.433 och bestod dels av en ledningsövning med nyttjande av gruppradio och digitalt kartstöd (rapporteras inte här) dels av en orienteringsövning med syfte att undersöka orienteringsfärdigheten med hjälp av karta och kompass, förflyttningshastighet och fysisk belastning. Försöket avsåg även att göra en begränsad jämförelse med förmågan att orientera med digitalt kartstöd inkluderande GPS. Samtliga försökspersoner var utrustade med GPS, Garmin Geko 301, samt pulsklocka, Polar S810. Försöken genomfördes i sportkläder samt stridsväst utan fickor. På stridsvästens rygg sida placerades GPS och pulsklocka, oåtkomliga för försökspersonen. Orienteringen genomfördes med hjälp av karta, 1:50000, och magnetisk handkompass (figur 14). Uppgiften var att finna sju utplacerade kontroller som var utmärkta med orienteringstrianglar. Platserna för kontrollerna var också beskrivna med kort text. Svårighetsgraden att finna kontrollerna ansågs, av de delförsöksledare som är officerare, som relativt låg. Beroende på vald väg blev förflyttningssträckan cirka 11 km.



Figur 13. Del av Utö där orienteringsövningen genomfördes. Röda kvadrater visar kontrollernas position. Den koncentriska gröna och blå kvadraten visar start och mål medan det blåprickade spåret visar en försökspersons vägval.

Orienteringen genomfördes under tre dagar med genomgående vackert väder utan nederbörd. Temperaturen var dock ganska hög med toppnotering 30°C en av dagarna. Fp var uppdelade i fem grupper med 6 till 8 personer i varje. En grupp genomförde orienteringen på förmiddagen, en annan grupp efter lunch. Deltagarna startade med 20 minuters intervall för att förhindra grupporientering. Dessutom alternerades riktningen så varannan fp sprang medurs, varannan moturs. Det innebär att om en fp sökte kontrollerna i ordning 1 till 7 så sprang nästa i ordningen 7 till 1. Vid varje kontroll var skattningsskalor uppsatta för skattning av upplevd ansträngning (RPE) och kroppstemperatur (RPT) (appendix 1). I samband med att fp stämplade sitt kort vid en kontroll skrev han även in dessa skattningsvärden. Även före start och omedelbart efter målgång skattade fp. Dessutom avlästes "vilo-" respektive slutpuls. Under första dagen var vattenflaska inte obligatorisk. Ändring gjordes dock och under följande dagar hade samtliga fp vätska med under orienteringen.

Samma utrustning (frånsett orienteringsmaterialet) användes under Cooper-konditionstest. Detta genomfördes på plan och slät landsväg bestående av hårdpackat grus. Längden på Cooper-banan var 2000 m, mätt med GPS samt kontrollmätt med måthjul. Banan sprangs fram och åter med en vändpunkt vid 1 km. Hjärtfrekvensen medelvärdesbildades under 5 sekunder. Slutpulsen noterades manuellt och vid målgången fick fp skatta upplevd ansträngning enligt Borgs 20-gradiga skala (appendix 1). Fp startade individuellt med cirka 30 sekunders intervall. Maximal aerob kapacitet beräknades på samma sätt som beskrivits i del 1. GPS:n var inställd på AUTO vilket innebär att positionen uppdaterades med något varierande frekvens beroende på hur stora förflyttningarna var per tidsenhet. Uppdatering skedde i genomsnitt varje 15:e sekund. AUTO-läget gällde även tryckmätaren vilket medför att den stöts av GPS-satelliternas höjdinformation (se del 1).

De fp som använde digitalt kartstöd var utrustad med TabletPC (Panasonic ToughBook C-27) där datorn var placerad i väska på stridsvästen medan bildskärmen var fastsatt på utfällbar ficka på bröstsidan av stridsvästen. Till datorn var kopplad en GPS, Garmin Geko 301, via seriell kabel. Programvaran som användes var Fugawi 3 i vilken lantmäteriets gröna karta var nedladdad. Kontrollerna var utmärkta på kartan som brytpunkter och försökspersonens valda orienteringsspår noterades automatiskt på kartan.



Figur 14. Applicering av pulsband, pulsklocka och GPS innan start.

Effektutvecklingen under orienteringen beräknades enligt två metoder; dels med hjälp av aktuell puls och maximal puls och syrgasupptag erhållna ur Cooper-testet (ekv. 1 och 2) dels ur förflyttningshastighet och terrängprofil erhållna ur GPS-data (ekv. 3 och 4). Två problem är relaterade till beräkningsmetoderna nämligen inverkan av förhöjd kroppstemperatur på hjärtfrekvensen (HR_T) respektive underlagets (f) inverkan på effektkravet (Soule och Goldman, 1972). Effektutveckling baserad på puls (E_{HR}) beräknades enligt

$$E_{HR} = E_v + 346 \cdot 0,001 \cdot VO_{2,max} \cdot k \cdot (HR - HR_T) / (HR_{max} - HR_v) \quad (1)$$

$$E_v = 100 \cdot HR_{max} - [HR - (HR_T - HR_v)] / (HR_{max} - HR_v) \quad (2)$$

Där 346 är omräkningsfaktor mellan syreupptag ($l\ O_2/min$) och effektutveckling (W). $VO_{2,max}$ ($ml\ O_2/(min \cdot kg)$) fås ur tiden för Cooper-testet och k är en korrektionsfaktor (0,96) som reducerar det beräknade maximala syreupptaget för den överskattning som sker på grund av bidraget från anaerob effektutveckling (Cooper-testet baserades ursprungligen på löpsträckan för 12 min och inte löptiden för 2000 m). HR (slag/min) är aktuell hjärtfrekvens och HR_{max} är den maximala puls som erhöles under Cooper-testet. HR_T är vilopulsen med adderad värmekomponent och HR_v är vilopulsen under termisk och mental komfort, här 60 slag/min. Vid termisk komfort är HR_T 60 slag/min. E_v är effektutvecklingen under vila. Effektutveckling baserad på GPS-data (E_{GPS}) beräknas ur

$$E_{GPS,u} = f \cdot (0,661 \cdot v + 0,115) \cdot 3,28 \cdot m_t + 71,1 + 3,5 \cdot (m_t \cdot 9,81 \cdot v \cdot G) \quad (3)$$

$$E_{GPS,n} = f \cdot (0,661 \cdot v + 0,115) \cdot 3,28 \cdot m_t + 71,1 + 2,4 \cdot (m_t \cdot 9,81 \cdot v \cdot G) \cdot 0,3^{(\alpha/7,65)} \quad (4)$$

där $E_{GPS,u}$ effektkravet (W) vid förflyttning i uppförsbacke medan $E_{GPS,n}$ är motsvarande i nedförsbacke. Underlagets inverkan betecknas f (non-dimension, n.d.) och v (m/s) är förflyttningshastigheten i horisontalplanet. Individens totalvikt inklusive buren börda betecknas m_t . Underlagets lutning betecknas med G ($\%/100$) och α ($^\circ$). Teckenkonventionen är den vid nedförsbacke är G negativ (-) men positiv (+) vid uppförsbacke medan α är utan tecken (absolutvärdet av lutningen) (Santee et al., 2001, Danielsson och Grambo, 2003)

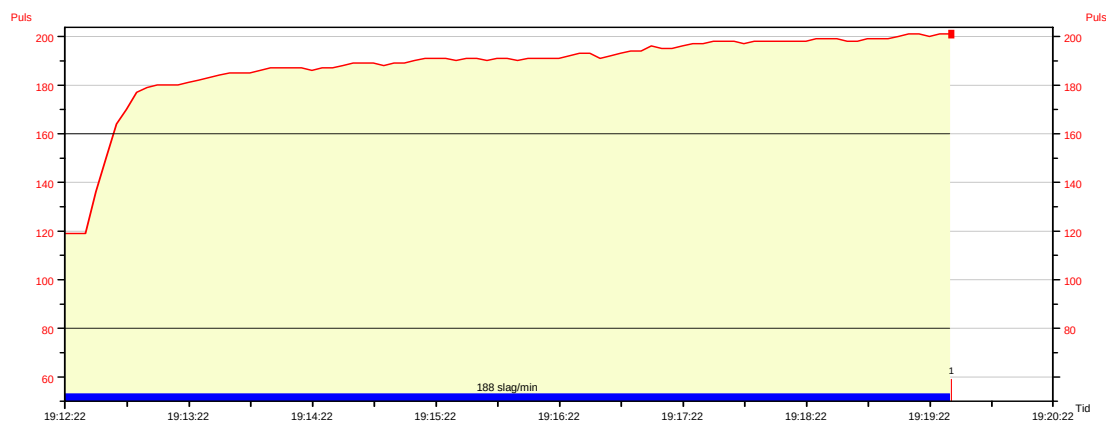
Alla individers vägval har analyserats avseende position, hastighet och terrängens lutning för de olika etapperna. Eftersom två okända faktorer, k och f , ingår i respektive formel används en beräkningsprocedur för att skatta dessa faktorer. Ett antagande används, nämligen att HR_v är 60 slag/min (ingen värmepåverkan) under första etappen. För att beräkna k och f användes data från de fp som sprang i "omvänd" ordning (7 – 1). Anledningen är att den större delen av sträckan till första kontrollen (7) var någon av flera möjliga grusvägar. Därmed kunde f för grusväg beräknas ur $E_{HR} = E_{GPS}$. Beroende av individens vägval ingick ett flertal grusvägsetapper i orienteringen. Antagandet var för dessa att de hade samma (f) som den beräknad för första etappen. Därefter har HR_T kunnat beräknas ur $E_{HR} = E_{GPS}$ för de olika grusvägsetapperna. Antagandet har därefter varit att värmepåverkan varit ungefär densamma under mellanliggande terrängavsnitt. Ur $E_{HR} = E_{GPS}$ har därmed f för respektive terrängavsnitt kunnat beräknas. Eftersom en följd av beräkningar är gjorda baserade på ursprungsantagandena har några kompletterande mätningar med direkt mätning av effektutveckling gjorts i skilda terrängtyper och med olika hastigheter.



Figur 15. Försökspersoner som genomför Coopertestet på grusväg. GPS och pulsklocka är placerad på stridsvästens ryggsida

Försökspersoner

Antalet försökspersoner som genomförde orienteringsövningen var 32. På grund av skada fullföljde 1 fp inte orienteringen. Konditionstestet (Cooper) genomfördes av 35 personer. Samtliga försökspersoner kom från Amf1 och försöksveckan följde direkt på slutövningen Samarin vilket innebar att de var väl förberedda såväl kunskaps- såväl konditionsmässigt. De var också mycket väl motiverade för försöken. Medelnakenvikten för personerna var 80 kg, standardavvikelse (s.d.) 9 kg. Under orienteringen var de flesta klädda i underkläder, långa träningsoverallbyxor, T-tröja, sportskor och stridsväst utan fickor. Under Cooper-testet hade de flesta kortbyxor och T-tröja samt stridsväst utan fickor (figur 15). Sammanlagda vikten var 2 till 3 kg. Dessutom bars pulsklocka, sändarband och GPS med en totalvikt under 0,5 kg. De fp som under orienteringen använde bärbar pc fick bära en extra vikt på ca 3 kg.

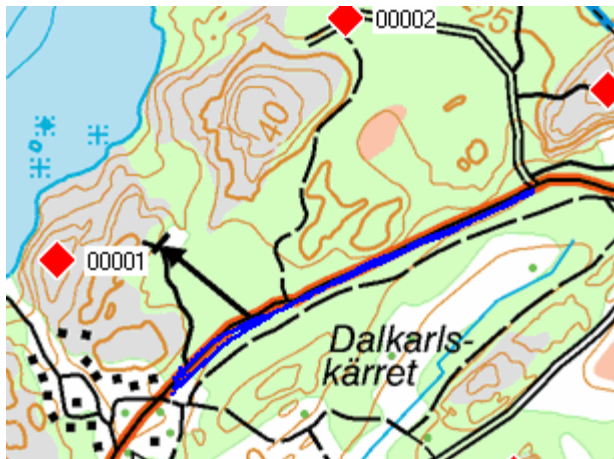


Figur 16. Pulskurvan för en av försökspersonerna under Coopertestet.

Resultat

Konditionsprov

Distansen som löptes var 2000 meter. Löptiden för denna sträcka var 7 min 47 s, s.d. 28 s, en tid som motsvarar maximala syreupptaget 58 ml O₂/(kg•min), totalt 4,6 lO₂/min eller ca 1600 W. Hjärtfrekvensen var vid målgången 194 slag/min med s.d. 8 slag/min. Den upplevda ansträngningsgraden vid målgången skattades till 16 (s.d. 1) vilket motsvarar mellan "ansträngande" och "mycket ansträngande". Figur 16 visar hjärtfrekvenssvaret på Coopertestet för en försöksperson och figur 17 visar spåret för en annan fp.



Figur 17. GPS-spåret (blå linjen) under Cooper-testet för en fp. Banan sprangs fram och tillbaka med vändpunkt efter 1 km (vid vägkorsningen i övre högra hörnet).

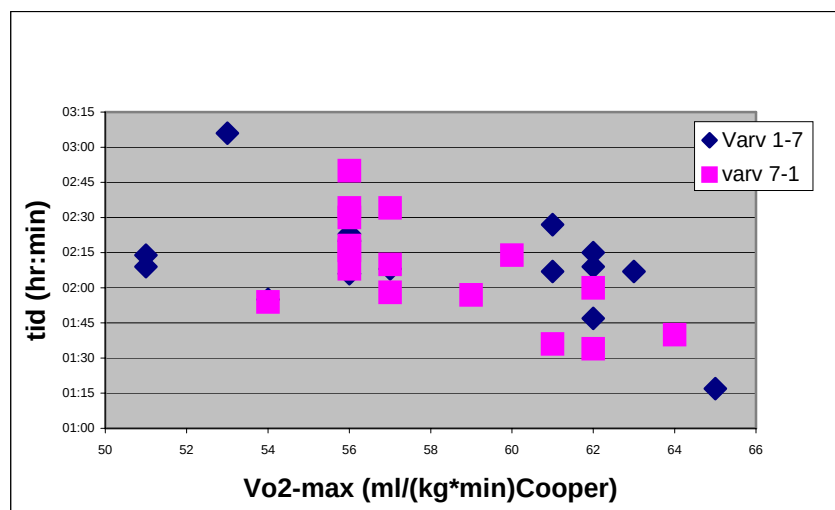
Position under konditionsprov

GPS-data från majoriteten av Coopertesten var av låg kvalitet. Antalet satelliter med tillräcklig elevation var få vid tidpunkten, ca kl. 19. På grund av tidsskäl hann huvuddelen av GPS:erna inte låsa innan fp startade. De GPS som hann låsa visade dock goda data (fig. 17) avseende såväl förflyttningssträcka, vändpunkt som hastighet. Enligt tillgängliga GPS-spår vände samtliga fp vid samma, vid vägkanten, utmärkta vändpunkt.

Orientering

Totaltid

Varje försöksperson (fp) valde sin egen väg mellan kontrollerna. Det gjorde att totaltiden varierade mellan individerna. Tiden påverkades även av förflyttningshastigheten men framförallt påverkades totaltiden av den tid som fp tog för att finna kontrollerna. Somliga fp hittade inte alla kontroller utan gick vidare till nästa. Den fp som letade längst efter en kontroll, utan att ge upp, sökte i ca 45 minuter. Den genomsnittliga tiden för hela orienteringen var 2:10:47 (hr:min:s) för dem som sprang medurs (kontroll 1 – 7). Den andra gruppen som tog kontrollerna i omvänd ordning (7 – 1) behövde 2:09:31. Totaltidens maximala variation var sammantaget för båda grupperna från kortast 1:17:01 till längst 3:07:01. Den kortaste tiden presterade plutons orienteringsmästare. Som en ytterligare jämförelse sprang en fysiskt vältränad delförsöksledare, men ej aktiv orienterare, på 1:14:42. Tiden (medel) för att finna respektive kontroll var 4:39 (min:s) (kontroll 1 i ordningen 1 – 7), 13:38 för kontroll 2, 5:42 för kontroll 3, 27:17 för kontroll 4, 18:52 för kontroll 5, 26:13 för kontroll 6, 10:43 för kontroll 7 och 12:43 för att nå målet. För fp som sprang i motsatt riktning (7 – 1) var medeltiderna 11:17 för kontroll 7, 11:31 för kontroll 6, 29:24 för kontroll 5, 17:18 för kontroll 4, 19:20 för kontroll 3, 6:00 för kontroll 2, 14:04 för kontroll 1 samt 5:00 för att nå mål. Relationen mellan totaltid och beräknad VO_{2,max} visas i figur 18.



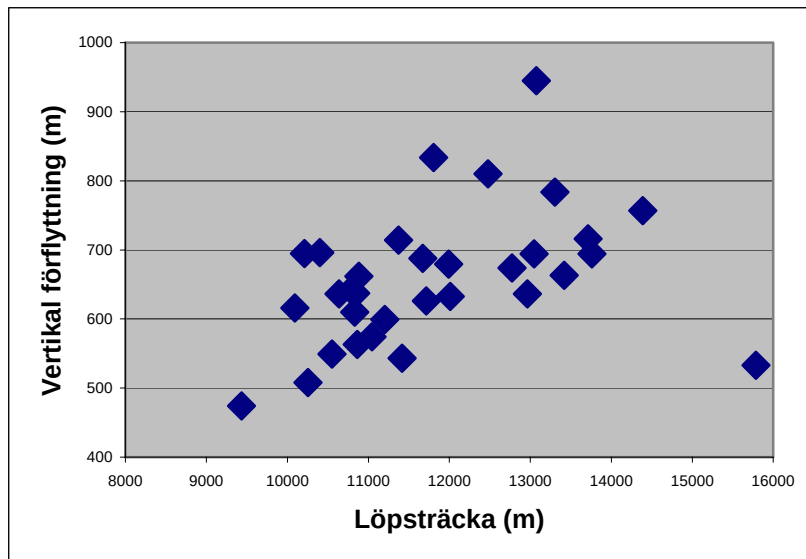
Figur 18. Totaltiden för orienteringen i relation till beräknat maximalt syreupptag (Cooper).

Total- och delsträcka

Varje fp valde sin egen väg mellan kontrollerna vilket innebar att total- och delsträckorna varierade mellan individerna (figur 19). Fp som sprang kontrollerna i ordningen 1 – 7 hade i genomsnitt sprungit 11714 m varierande från 9434 m till 15789 m. De fp som sprang kontrollerna i omvänd ordning tillryggalagde i genomsnitt 11417 m, varierande från 10093 m till 13761 m. Som jämförelse var plutonsmästarens distans 9434 m medan delförsöksledaren sprang 9091 m. Sträckan (medel) för att finna respektive kontroll var (ordningen 1 – 7) 544 m för kontroll 1, 1540 m för kontroll 2, 753 m för kontroll 3, 2259 m för kontroll 4, 1402 m för kontroll 5, 1858 m för kontroll 6, 641 m för kontroll 7 och 1308 m för att nå målet. För fp som sprang i motsatt riktning (7 – 1) var medeldistansen 1564 m för kontroll 7, 911 m för kontroll 6, 2322 m för kontroll 5, 1387 m för kontroll 4, 2287 m för kontroll 3, 779 m för kontroll 2, 1301 m för kontroll 1 samt 531 m för att nå mål.



Figur 19. Spåret illustrerar en fp som inte hittade kontroll 6 utan att skanna av området och därefter valde på fel udde i sökandet efter kontroll 5.



Figur 20. Relationen mellan ackumulerad vertikal förflyttning och total löpsträcka.

Hastighet

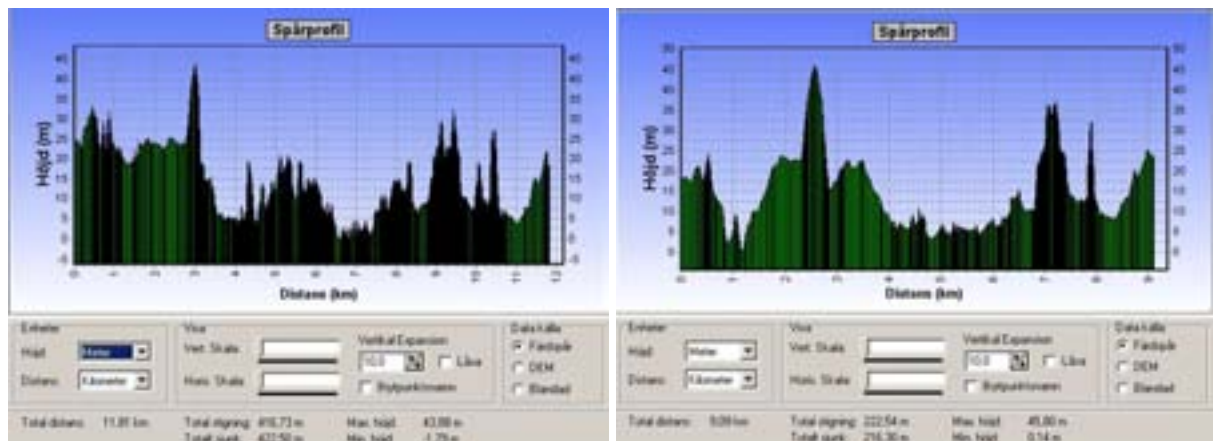
Löphastigheten, inkluderande tiden för kontrollstämpling m.m. var i genomsnitt 6,1 km/h (1,7 m/s) för fp som tog kontrollerna i ordningen 1 – 7. Maximala interindividuella variationen var från lägst 5,2 km/h till högst 8 km/h. För fp som sprang i omvänd ordning var totalhastigheten något högre, 6,3 km/h (1,8 m/s). Variationen mellan fp var från lägst 5,4 km/h till högst 7,1 km/h. Hastigheten för de olika delsträckorna varierade i medel för fp alltifrån 4,5 km/h till 8,3 km/h (1 – 7) respektive 4,4 km/h och 8,4 km/h (7 – 1). Om inte tiden vid kontrollerna räknas in blir medellöphastigheten marginellt högre. Hastigheten för hela sträckan var för plutonmästaren 8 km/h (2,2 m/s) medan den var 7,5 km/h (2,1 m/s) för delförsöksledaren.

Höjdförflyttning

Ackumulerad höjdförflyttning, mätt med GPS:s höjdmätare, varierade mellan de olika fp beroende på vägval. Relationen mellan ackumulerad höjd. och längdförflyttning visas i figur 20. Medelförflyttningen i vertikal ledd, beräknad för samtliga fp som sprang i ordningen (1 – 7) var 644 m medan den var 643 m för de fp som sprang i omvänd ordning (7 – 1). Maximala variationen var för första gruppen från 474 m till 834 m medan den för gruppen (7 – 1) var från 543 m till 945 m. Ackumulerad höjdförflyttning var för plutonmästaren 474 m medan den var 439 m för delförsöksledaren (figur 21). Den ackumulerade höjdförflyttningen uppför skilde sig från den nedåtriktade, ackumulerade förflyttningen med i genomsnitt drygt 1 % (< 5 m). Avvikelsen mellan tryckmätt och satellitskannad höjd har inte studerats i denna delstudie (se del 1).

Funna kontroller

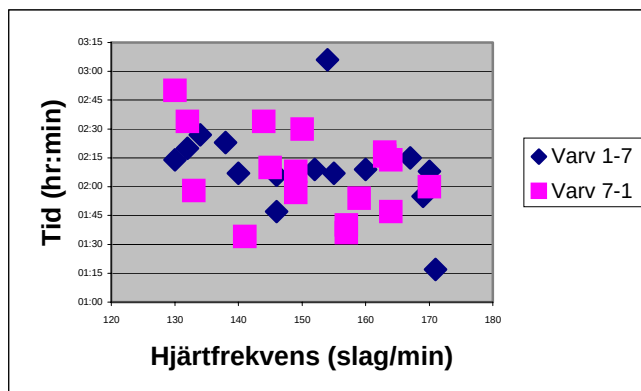
Antalet kontroller som fp fick leta efter, baserat på registrerat GPS-spår, var för grupp (1 – 7) 2 (medianvärde) medan det för gruppen (7 – 1) var 3 (medianvärde). I första gruppen var det 1 fp som fann samtliga kontroller utan att ”skanna” området medan det i andra gruppen inte fanns någon. Plutonmästaren fick leta efter en kontroll medan delförsöksledaren fann samtliga direkt. Utifrån försökspersonernas egna bedömningar av hur många kontroller de fick leta efter var resultatet 0 i båda grupperna (medianvärde).



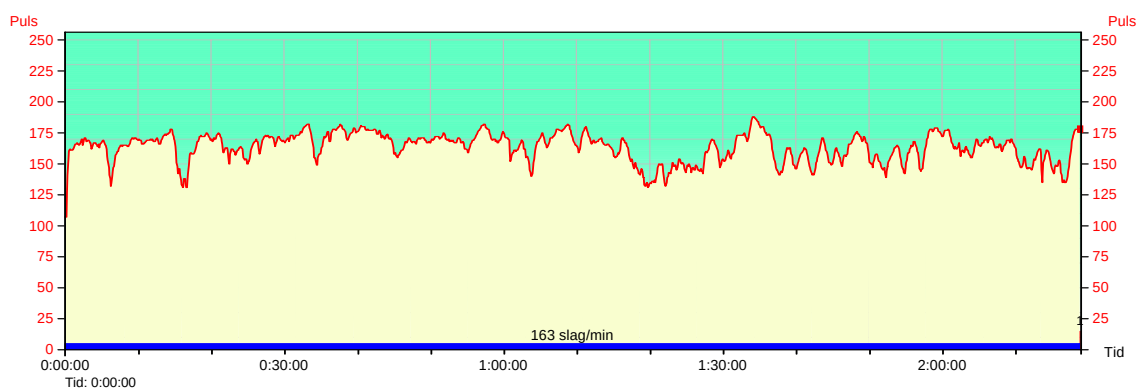
Figur 21. Höjddkurvan för vald förflyttningssträcka. Vänstra bilden visar resultatet för den fp som hade störst vertikal förflyttning medan högra bilden visar den fp med minsta värdet

Hjärtfrekvens

Medelpulsen för fp som sprang orienteringen i ordningen (1 – 7) var 151 slag/min vilket var exakt samma värde som för fp i andra gruppen (7 – 1). Figur 22 visar relationen mellan medelhjärtfrekvens och totaltid för orienteringen. Individuella variationen inom första gruppen var från 130 slag/min till 171 slag/min. Inom andra gruppen varierad medelpulsen från 130 slag/min till 170 slag/min. Figur 23 visar pulskurvan under hela orienteringsförloppet för en fp. Maximala hjärtfrekvensen för samtliga fp var enligt Coopertestet 194 slag/min.



Figur 22. Relationen mellan totaltid för orienteringen och medelhjärtfrekvens.



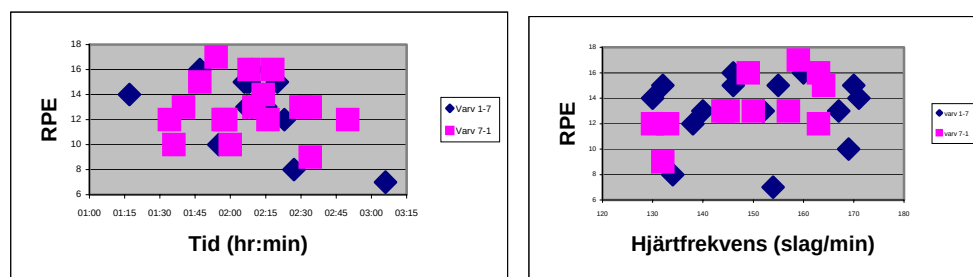
Figur 23. Hjärtfrekvenskurvan för en av försökspersonerna visande hela orienteringsförloppet.

Skattad ansträngning (RPE)

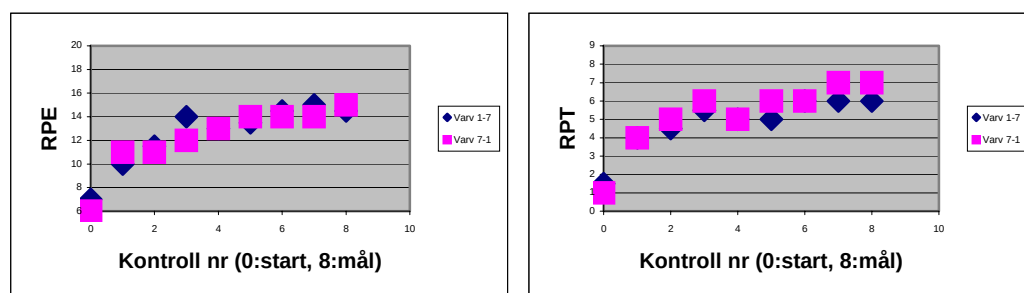
Försökspersonernas subjektiva upplevelse av ansträngning var 13 ("något ansträngande") för hela orienteringen (medianvärde av samtliga delskattningar). Skattningsvärdet var detsamma för båda grupperna. Ansträngningsupplevelsen bedömdes allt ifrån 7 ("mycket, mycket lätt") och 17 (mellan "ansträngande" och "mycket ansträngande") i gruppen (1 – 7). I gruppen (7 – 1) var den individuella variationen, för hela orienteringen, mellan 9 ("mycket lätt") och 17 ("mycket ansträngande"). Figur 24 visar relationen mellan totaltid och RPE (vänster) respektive medelhjärtfrekvens (höger bild). Skattningsvärdena avgivna vid de olika kontrollerna skilde sig något mellan grupperna. I båda grupperna var, före start, RPE 7 ("mycket, mycket lätt") (1 – 7) respektive 6 (lägre än "mycket, mycket lätt") (7 – 1). Skattningsvärdena för gruppen (1 – 7) ökade därefter medan de första kontrollerna avverkades för att nå de högsta värdena under slutet av orienteringen (fig. 25 vänster). För andra gruppen ökade RPE-värdena snabbare och lade sig direkt på högsta nivån för att därefter minska något mot slutet (fig. 25 vänster).

Skattad temperatur (RPT)

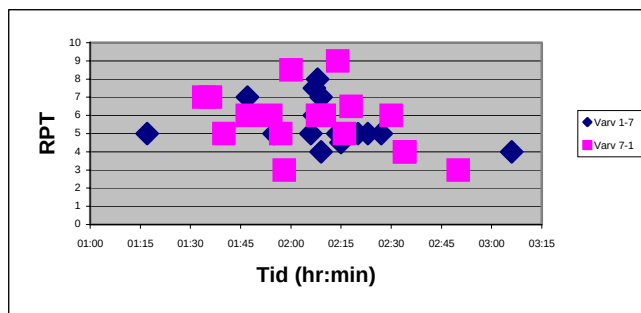
Försökspersonernas subjektiva upplevelse av temperatur var 5 (mellan "varmt" och "mycket varmt") för hela orienteringen (medianvärde av samtliga delskattningar). Skattningsvärdet var detsamma för båda grupperna. Temperaturupplevelsen bedömdes allt ifrån 4 ("varmt") till 8 ("mycket, mycket varmt") i gruppen (1 – 7). I gruppen (7 – 1) var den individuella variationen, för hela orienteringen, från 3 (mellan "något varmt" och "varmt") till 9 (mer än "mycket mycket varmt"). Figur 26 visar relationen mellan RPT och totaltid. Skattningsvärdena avgivna vid de olika kontrollerna skilde sig något mellan grupperna. I båda grupperna var, före start, RPT 1,5 (1 – 7) respektive 1 (7 – 1). Skattningsvärdena för gruppen (1 – 7) ökade därefter medan de första kontrollerna avverkades för att nå de högsta värdena under slutet av orienteringen (fig. 25 höger). För andra gruppen ökade RPT-värdena snabbare och lade sig direkt på högsta nivån för att därefter minska något mot slutet frånsett vid målgång då högsta värdet ånyo valdes (fig. 25 höger).



Figur 24. Relationen mellan RPE och totaltid (vänstra bilden) respektive hjärtfrekvens



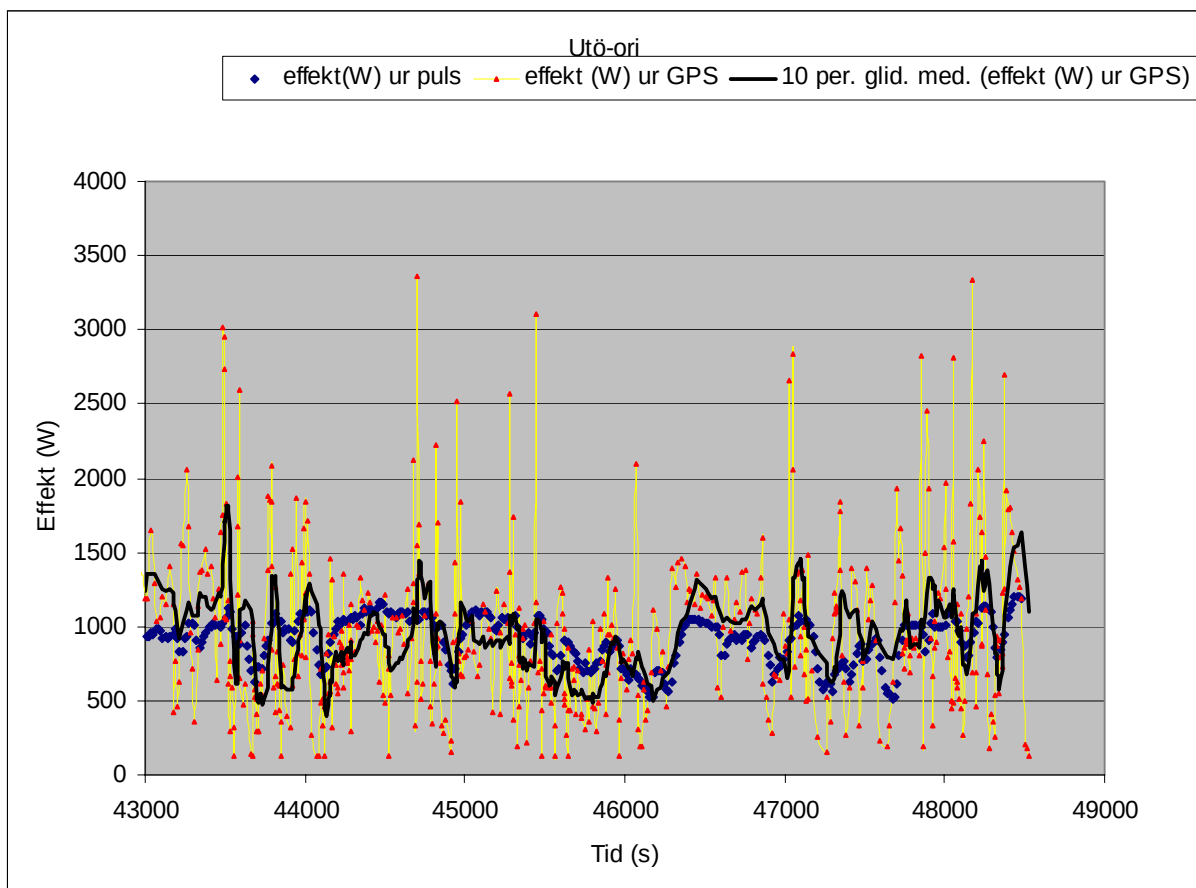
Figur 25. RPE (vänstra bilden) och RPT (högra bilden) vid de olika kontrollerna. Blå kvadrater visar resultatet för fp som sprang i ordningen (1 – 7). Ceris kvadrater visar (7 – 1). Dessa fp:s resultat ska läsas i ordningen 0, 7, 6, ..., 1, 8. Start- och målgångsskattning visas alltså för "kontrollerna" 0 och 8.



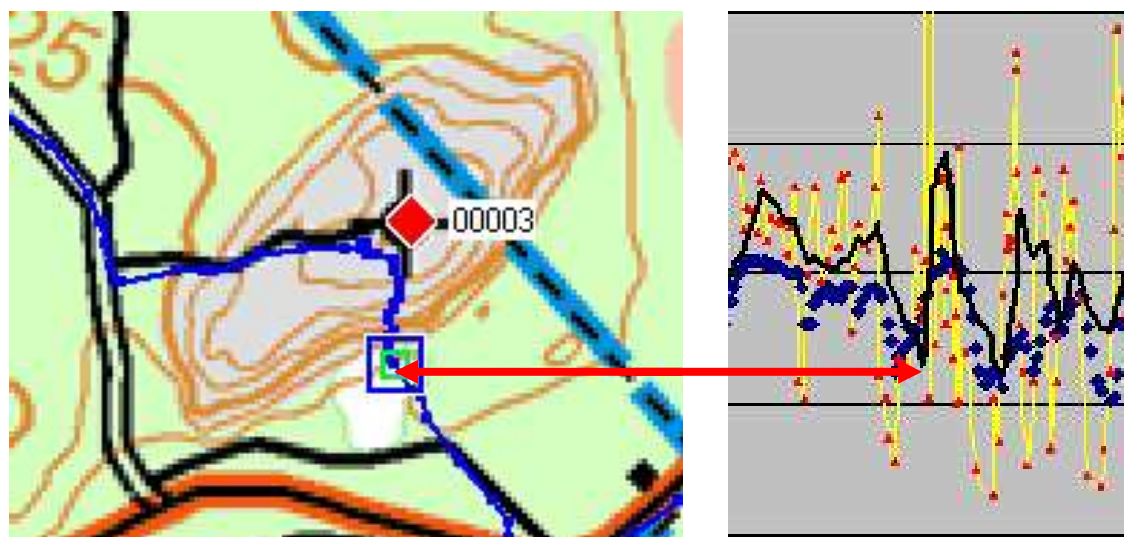
Figur 26. Relationen mellan RPT och totaltid.

Effektutveckling

Beräknad effektutveckling ur GPS-data svänger kraftigt, huvudsakligen beroende på terrängens lutning. För att tydligare se kopplingen till pulsberäknad effektutveckling har glidande medelvärde lagts på GPS-data (fig 27). De höga toppar som fås ur GPS-data är väl relaterad till kartans höjdprofil (fig 28).



Figur 27. Effektutveckling beräknad ur GPS-data (gul kurva) baserad på rådata (5 till 10 sekunders intervall). Effektutvecklingen beräknad på flytande medelvärde (10 värden) visas med svart kurva. Effektutvecklingen beräknad ur hjärtfrekvens (rådata) visas med blå punkter (5 sekunders intervall)



Figur 28. Beräknad effektutveckling för given position med tillhörande höjdkurvor.

Terrängfaktorn beräknad enligt modellen beskriven i metoddelen varierade från drygt 1 till knappt 3 beroende på hur svårframkomlig terrängen var och förflyttningssätt/-hastighet (tabell 1). Data baseras på 12 individers vägval. Medelvärdet på terrängfaktorn var 1,5 för lätt terräng då förflyttningssättet var gång omväxlande med jogging. I terräng klassad som lätt till medelsvår var terrängfaktorn ca 1,8, medan den var ungefär 2,0 i medelsvår till svårframkomlig terräng. För de partier klassade som svårframkomlig erhöles terrängfaktorn 2,6, även här vid omväxlande gång och jogging.

Tabell 1. Terrängfaktorn beräknad ur GPS- och hjärtfrekvensdata (se metoddelen) för skilda terrängtyper. Terrängklassificeringen är den gängse vid orientering.

förf.hast	fp	Terrängbeskrivning						
		1	1-2	2	2-3	3	3-4	4
jogg-gång	3	1,70	2,10		2,30			
jogg-gång	5	1,30	1,50		1,60			
jogg-gång	13	1,70			2,10	2,70		
jogg-gång	14	1,50			2,00	2,50		
jogg-gång	19	1,50			2,00			
jogg-gång	22	1,30	1,40		1,50			
jogg-gång	26	1,40	1,90		1,80			
jogg-gång	28	1,70	1,80		2,20			
jogg-gång	29	1,80	2,00		2,70			
jogg-gång	30	1,60	1,80		2,10			
jogg-gång	35	1,40	1,80		2,00			
jogg-gång	36	1,30	1,40		2,00			
	median	1,50	1,80		2,00	2,60		
Terrängbeskrivning (orientering)								
1: Lättframkomligt								
2: Medelsvår framkomlighet								
3: Svårframkomligt								
4: Mkt svårframkomligt								
Obs! Grusväg är 1								



Figur 29 (vänster). Djurstig (mjuk). Terrängfaktor (gång): 1,4 (4 km/h) Höger bild: Ungskog och sly på f.d. hygge. Terrängfaktor (gång): 2 (3,7 km/h)



Figur 30. Väg (grus, gräs) omväxlande med stig. Terrängfaktor (gång): 1,3 och 1,3 (4 resp. 6 km/h). Terrängfaktor (joggning): 1,7 och 1,9 (6 resp. 8 km/h)



Figur 31. Grusväg (hård). Terrängfaktor (gång): 1,1 och 1,2 (4 resp. 6 km/h). Terrängfaktor (jogg): 1,7 och 1,7 (6 resp. 8 km/h)

Figurerna 29, 30 och 31 visar exempel på terrängtyper där olika terrängfaktorer råder, dels beroende på underlagets karaktär men också på förflyttningssättet (gång och jogging) och förflyttningshastighet.

Tabell 2 visar energikravet vid förflyttningen under orienteringsövningen. Vid jogging på grusväg med en terrängfaktor på 1,5 fås energikravet ca 4,0 J/(m•kg). Förflyttningshastigheten var i medeltal ca 10 km/h (2,75 m/s) baserat på data från 12 fp. Vid förflyttning i terrängen var hastigheten i medeltal drygt 5 km/h (1,44 m/s) vilket med en terrängfaktor på 2,0 gav energikravet knappt 7 J/(m•kg). Samma beräkningar gjordes även på (vissa av) de individer som sprang medurs (1 – 7). Samma hastigheter och energikrav erhöles. Spridningen i data var också jämförbara mellan de två grupperna.

Tabell 2. Energitkravet, J/(m•kg), vid förflyttning på grusväg och i terräng baserat på effektutvecklingsdata och terrängfaktorerna 1,5 och 2,0.

	väg(tf=1,5)	terräng(tf=2,0)	hast(väg)	hast(terräng)
fp(7-1)	J/(m•kg)	J/(m•kg)	m/s	m/s
3	3,8	6,8	3,09	1,4
5	4,1	7,2	2,96	1,48
13	4,3	7,3	2,66	1,29
14	4,4	6,8	2,17	1,48
19	4,1	7,2	2,17	1,33
22	4	7,1	2,35	1,31
26	3,7	7,1	3,02	1,27
28	4,1	7,2	2,52	1,41
29	4	7	2,74	1,37
30	3,8	7	2,71	1,46
35	3,6	6,4	3,49	1,79
36	3,8	6,8	3,13	1,72
mv	3,98	6,99	2,75	1,44
stdv	0,24	0,25	0,41	0,16
	väg(tf=1,5)	terräng(tf=2,0)	hast(väg)	hast(terräng)
fp(1-7)	J/(m•kg)	J/(m•kg)	m/s	m/s
1	4,2	6,7	2,76	1,35
6	4,4	6,8	2,72	1,48
8	4,2	7,2	2,7	1,16
10	4,4	7,4	2,39	1,32
12	4,6	6,8	2,62	1,53
17	4,7	6,8	2,58	1,43
18	4,3	7	2,38	1,19
20	4,3	6,5	2,55	1,55
21	4,3	6,3	3,43	1,83
27	4,8	7,6	3	1,18
31	4,6	7,5	2,73	1,28
33	4,5	7,1	2,44	1,48
34	4,5	6,7	1,91	1,29
37	4,4	7,4	2,73	1,08
mv	4,44	6,99	2,64	1,37
stdv	0,18	0,39	0,34	0,20

Tabell 3 visar resultaten på energikrav vid orienteringen jämfört med de som mättes i liknande terrängtyper med syreupptagsapparat och GPS. Tabellen visar som jämförelse också energikravet vid andra förflyttningssätt och underlag, (Bergh och Danielsson 1998, Danielsson opubl., Margaria 1976, Custance 1970)

Tabell 3. *Energikrav, J/(m•kg), för förflyttning i olika terräng och hastigheter.*

	Utö	Egna 2004	Egna-2003 + Litt.
Gång väg		3,5	3 - 4
Gång snö (10 cm)			6,3
Gång snö (hårt spår)			4,5-5
Gång terräng		5,9	
Gång, väg + stig		3,7 - 4,4	
Joggning väg	4,2	4,5	4,5-4,8
Joggning terräng	7	5 (på stig)	

Digitalt kartstöd med GPS

Inalles fem fp använde digitalt kartstöd med GPS. På grund av tekniska brister genomfördes ingen av dessa orienteringar med helt fungerande teknik.

Satellitmottagning

Kvaliteten på satellitmottagningen var god under orienteringen och inga kontakter med satelliterna förlorades enligt vad som kunde utrönas från data..

Diskussion

Orienteringsterrängen på Utö bestod huvudsakligen av såväl öppna partier som småbruten terräng. Med inställningen AUTO i GPS:n kunde inte någon miss i positioneringen upptäckas. Om satellitkontakten brutits hade en riktig position ändå kunnat presenteras, men då något försenat. Funktionskänsligheten blir därmed lägre än vid fix tid för positionering vilket användes i Norrköping (del 1). Med en känsligare positioneringsmetod, dGPS, har andra (Larsson och Henriksson-Larsén, 2001) visat att såväl sträcka som hastighet kan loggas med mycket hög noggrannhet under tävlingsorienteringsförhållanden. Enda tillfället då GPS:n tappade kontakt var under ledningsförsöket (presenteras inte här) när fp gick in i stridsbåten och samtliga luckor stängdes. Däremot presenterades positionen nästan omedelbart efter landstigningen, en viktig egenskap hos ett navigeringssystem. Snabbheten är en egenskap som varierar mellan olika tillverkare och GPS-modeller. Tidsfördröjningen blir kortare om position och tidpunkt ändrats endast lite efter att GPS:n tappat kontakten. Det är, tillsammans med antalet satelliter med tillräcklig elevation, orsaken till att det tog lång tid för GPS:erna att låsa vid Coopertestet. GPS:erna hade inte använts på en tid och senaste platsen de använts på var 10-tals mil ifrån.

Nyttan med ett GPS-baserat och digitalstött navigeringssystem under orientering kunde inte explicit beläggas. Av tekniska och hanterbarhetsskäl fallerade den bärbara datorn vid ett flertal tillfällen. Problemet med batteriförsörjning illustrerades tydligt. Den bärbara datorn (tablet PC) har såväl datorenhet som bildskärm batteriförsörjda. Det medförde att om batterikapaciteten i datorn var otillräcklig så tenderade bildskärmen att slockna och omvänt. Dessutom är datormodellen inte gjord för så fältmässiga förhållanden som på Utö. Ett annat problem är kopplat till datorns beräkningskapacitet. På grund av att den är relativt låg hos en

tablet PC inträffade för flera fp att när de klickade på den tryckkänsliga skärmen för att ändra t.ex. zoom-graden hände synbarligen inget. Fp klickade därmed fler gånger vilket medförde att datorn till sist blev så upptagen av kommandon att den i praktiken hängde sig. Orsaken hade kunnat undanröjas om fp hade varit förtrogna med utrustningen, ett förhållande som inte var regel. En annan orsak till tekniskt haveri var att sladden mellan GPS och dator slets bort och gick sönder på grund av att en gren fastnade i sladden. Händelsen illustrerar tydligt problemen med teknikifieringen av soldaten när data och eller ström ska fördelas med kabel. Vad gäller GPS finns möjlighet till sladdlös kommunikation mellan GPS och dator, till exempel med blåtand. Hur en sådan lösning kan fungera i fält och fordon beskrivs i Appendix 2.

På grund av de tekniska tillkortakommandena kunde inte någon jämförelse göras med dem som orienterade med karta och kompass. Tack vare att en av fp var driven orienterare (plutonmästaren) samt att orienteringen även sprangs av en delförsöksledare (utan kännedom om kontrollernas placering) kan en bedömning göras hur bra en teknikstödd förflyttning kan bli när den är som bäst. På grund av att kännedom om karta och kompass är mycket begränsad hos framförallt värnpliktiga, men brister även hos många officerare, blir den potentiella skillnaden stor. Mått på detta är antalet funna kontroller utan ”skanning” av terrängen samt sammanlagd sprungen sträcka. Eftersom inga taktiska krav var lagda på orienteringsövningen var optimalt vägval detsamma som kortaste vägen med viss hänsyn taget till eventuella närliggande vägar. Delförsöksledaren samt plutonmästaren fann med något litet undantag kontrollerna direkt vilket resulterade i kortast tid och kortast löpsträcka, detta utan att de hade någon favorit i högre fysisk arbetsförmåga. Övriga fp behövde snirkla runt, mer eller mindre yvigt, efter 2 respektive 3 kontroller (medianvärde), beroende på grupptillhörighet, innan kontrollerna hittades. Dessutom var det ett antal fp som inte alls hittade kontroller utan fick ge upp och fortsätta till nästa. Det här innebär att om situationen hade varit skarp och soldaterna skulle ta sig till platser som inte var utmärkta med orienteringsskärmar hade många aldrig kommit till rätt position med följden att det inneburit stor risk för upptäckt och bekämpning eller att hamna i t.ex. minfält eller C-kontaminerat område.

Prestationsskillnaden mellan de två kunniga orienterarna och övriga var i flera avseenden avsevärd. Även om det inte var krav på tid för orienteringen så är en skillnad på 75 %, 1 hr och 14 min jämfört med 2 hr 10 min, betydande. Den stora skillnaden i tid berodde huvudsakligen på tidsåtgången att ”snirkla runt” och hitta kontrollerna. Om den taktiska situationen kräver att man ska vara på viss plats vid viss tidpunkt är en osäkerhet i tid för förflyttning belastande. Skillnaden i tillryggalagd distans var inte lika stor, drygt 9 km jämfört med knappt 11,5 km, en skillnad på knappt 30 %. Det gör att den effektiva förflyttningshastigheten var betydligt lägre hos medel-fp, cirka 6,2 km/h jämfört med 7,5 till 8 km/h för de två bästa. Men skillnaden i förflyttningshastighet, sökandet oräknat, blir betydligt mindre. Gruppen (7 – 1) sprang t.o.m. snabbare (7,5 km/h) än delförsöksledaren (7,4 km/h). Gruppen (1 – 7) hade en hastighet på cirka 6,9 km/h. Den längre sträckan, men med jämförbara hastigheter, gör att den fysiska belastningen på gruppen fp blir högre än om den varit skickligare i att orientera. Ytterligare skäl till att belastningen ökar när orienteringsförmågan är sämre är skillnaden i vertikal förflyttning. Hos de två bästa var den ackumulerade vertikala förflyttningen drygt 450 meter medan för medel-fp var den knappt 650 meter, en skillnad på cirka 40 %. Så, fel och eller olämpligt vägval ger inte bara upphov till längre förflyttningssträcka, den innebär också att det blir fler höjder som måste passeras, moment som oftast är de tyngsta. Figur 20 visar dock på en intressant avvikelse. En fp har en av de lägsta vertikala förflyttningarna medan totala löpsträckan var den längsta. Resultatet kommer sig av att individen alltid föredrog att springa på väg vilket gjorde att sträckan blev

mycket lång liksom totaltiden. Besparingen gjordes däremot i den vertikala förflyttningen. Ovanstående är exempel som indikerar att lämplig navigeringsteknik kan förbättra prestationen i fält samtidigt som den fysiska belastningen och riskexponeringen minskar. Mått på fysisk belastning är hjärtfrekvens och subjektiv skattning av ansträngning och temperatur. Fp upplevde uppgiften som "ansträngande" (skattningsvärde 13) och temperaturupplevelsen var mellan "varmt" och "mycket varmt" (skattningsvärde 5) som medianvärden för hela orienteringen. Men beroende på uppgiftens längd och det varma klimatet ökade skattningsvärdena, i stort sett, från kontroll till kontroll. Följden blev att temperaturupplevelsen skattades mellan "mycket varmt" och "mycket, mycket varmt" (skattningsvärde 6 -7) under andra hälften av orienteringen medan ansträngningen skattades "mycket ansträngande" (skattningsvärde 17). Dynamiken i skattningsvärdena var något olika i de två grupperna. Skattningarna steg snabbare i gruppen (7 – 1) på grund av att terrängen var mer kuperad i partiet från start till kontrollerna 7 och 6 (figur 25). Relationen mellan RPT och tiden för orienteringen mycket svag eller obefintlig. Det är ett rimligt utfall dels beroende på individers olika upplevelse av temperatur men också på grund av att en viss värmebelastning kan vara resultatet av såväl effektiv orientering med kort tid som ineffektiv orientering med lång tid. Det styrks av att skillnaden i löphastighet var relativt liten mellan de bästa och medelindividen. Pulsmedelvärdet för hela orienteringen, för samtliga fp, var 151 slag/min. RPE-skalans konstruktion är sådan att pulsvärdet dividerad med tio ska motsvara ungefär skattningsvärdet. Men RPE beräknad som median för hela orienteringen var 13 vilket var något lägre än förväntat utifrån konstruktionen. En förklaring är att vältränade, till vilka gruppen försökspersonerna kan räknas, tenderar att skatta lägre. Men skillnaden är sannolikt också en effekt av värmepåverkan. Enligt beräkningarna av effektutvecklingen, baserad på puls respektive förflyttningshastighet och terrängens lutning, motsvarade värmepåverkan ett påslag på pulsen med storleksordningen 30 slag/min. Med en skillnad i RPE från 13 (median för hela orienteringen) till 15 på slutet borde motsvarande skillnad d.v.s. cirka 20 slag/min uppstått i slutet av orienteringen. Vid en genomgång av pulsvärdena visar det sig att hjärtfrekvensen under andra halvan var 20 till 30 slag över medelpulsen, d.v.s. 170 till 180 slag/min. Sammantaget tyder detta på att det fysiska arbetsuttaget under hela orienteringen var cirka 50 % av det maximala medan belastningen på cirkulationsapparaten var i genomsnitt cirka 65 % och på slutet cirka 80 %. Utifrån de GPS-baserade effektberäkningarna, som genom terrängfaktorn är delvis beroende av pulsvärdena, indikerar att medeleffekten är cirka 840 W under förflyttningen. Det är mellan 55 och 60 % av maximala kapaciteten. Det spannet stämmer relativt väl med skattningen av 50 % utifrån värmekorrigerat medelpulsvärde om hänsyn tas till att pulsvärdet inkluderar lägre aktivitetsnivå vid "snirklande" kring kontrollerna. Relationen mellan RPE och totaltiden för orienteringen var svag. Orsaken är densamma som motsvarande resultat för RPT, nämligen att hastigheten hos de olika fp var relativt lika men att totaltiden varierade mycket beroende på hur många "snirklar" fp gjorde. Analogt var relationen mellan RPE och hjärtfrekvens liksom mellan totaltid och hjärtfrekvens svag. En viss om än svag relation kan dock skönjas mellan totaltid och aerob kapacitet, ett förhållande som tydligast visades i gruppen (7 – 1).

Effektutvecklingen beräknas utifrån rådande hjärtfrekvens alternativt förflyttningshastigheten och terrängens lutning. Som nämnts i metoddelen krävs kunskap om värmelagringen i kroppen alternativt terrängfaktor för att relevanta värden ska fås ur beräkningarna. Om värmebelastningen vore försumbar och andra pulshöjande faktorer, t.ex. armarbete, rädsla m.m. inte var vanligt förekommande skulle effektberäkning ur hjärtfrekvensen vara en praktisk och robust metod. Men eftersom en soldat kan vara värmebelastad upptill 8 till 10 kJ/kg (kroppsvikt) innan han blir värmeutmattad, och 1 kJ/kg medför cirka 8 slag/min höjning av pulsen, kan inte pulsen alltid betraktas som ett relevant mått på arbetsbelastning. Å andra

sidan kan terrängfaktorn variera från 1 till 3 eller mer, med motsvarande variation i beräknad effekt, vilket ger helt felaktiga värden. Men en i utrustningen applicerad GPS innebär ingen störning på verksamheten och fyller dessutom en primärfunktion, positionering och navigering. Om informationen om terrängfaktorn kunde hämtas via kartunderlag eller annan informationskälla skulle metoden och tekniken vara både robust och sannolikt tillförlitlig för bedömning av arbetsbelastningen. Dessutom fås ett bra mått på hur länge individen vilat (varit stilla) vilket kan vara av intresse vid beräkning av återhämtningstid. En kombination av pulsmätning och GPS-information ger dock bonuseffekter. Genom att se på skillnaden mellan effekten beräknad via puls respektive GPS fås information om värmebelastningen, behov av termisk och muskulär återhämtning m.m.

Beräkningsförutsättningen att vilopulsen var 60 slag/min är inte viktig för resultatet. Väljs ett något avvikande värde fås liknande resultat. Antagandet att den värmepåverkade pulsen var samma som vilopulsen vid starten är viktig för beräkningarna. Den är dock rimlig eftersom fp inte hade utfört något fysiskt tyngt arbete tidigare under dagen. De var också lätt klädda samt uppmanade att vara stilla i skuggan innan försöket började. Resultatet avseende terrängfaktorn på grusväg var liknande de som erhöles vid egna, direktmätningar. Effekttutvecklingen baserad på denna terrängfaktor, men uttryckt som energikrav, $J/(m \cdot kg)$, gav även liknande resultat som kan finnas i litteraturen. Detta tyder på att beräkningsmodellen med nyttjade antaganden var rimliga. De beräknade terrängfaktorerna från de obanade partierna är svårare att hitta jämförelser till. Men uttryckt som energikrav så hamnar dessa i ett intervall som känns rimligt. Jogging i terrängpartierna gav högre värden än gång i terrängen och något högre än gång i 10 cm lössnö. En beräkningsteknisk komplikation är känsligheten för lägesförändringar och då framförallt i vertikalledd. En kort uppförsbacke resulterar lätt i effekter på 2000 till 4000 W, nivåer som inte speglas i motsvarande grad i puls eller andhämtning. Grafiska presentationen av effekten ger ett mycket brusigt intryck. Ändå är värdena riktiga och är väl korrelerade med terrängens höjdkurvor. Den upplevda diskrepansen kommer sig av att effektkravet bara till viss del motsvarar aerob effektproduktion. I det korta perspektivet produceras den resterande delen anaerobt vilket, om förloppet är kortvarigt, ger relativt små effekter på puls och andning eftersom bristen betalas av på en längre period. Den genomsnittliga effekttutvecklingen beräknades till knappt 60 % av den maximala. Det är ett rimligt värde då långtidsarbeten inte gärna läggs på en nivå över 50 % om individen själv får välja. Det var tydligt sagt att orienteringen inte var en tävling. Men på det sättet försöket var upplagt och med de individer som ingick går det inte att bortse från att ett visst tävlingsmoment ändå ingick i prestationen.

Slutsats del 2

Orienteringsförmågan, baserad på karta och kompass, brister bland soldater och officerare. Det medför långa söktider och långa förflyttningssträckor vilket gör det svårt att planera närvaro vid viss plats en viss tid. Osäkerheten i egen position medför också stora risker för bekämpning eller exponering. Positioneringshjälp tillsammans med digital kartpresentation kommer sannolikt att förbättra förmågan avsevärt. Behovet av grundläggande orienteringsförmåga kvarstår dock. Vanlig GPS-mottagare fungerar utmärkt i öppen och småbruten terräng, vilken är vanlig i skärgårdsmiljö. Med hjälp av sådan teknik kan individens arbetsbelastningen skattas relativt väl vid snabb förflyttning i skilda terrängtyper. Ännu säkrare kan den fysiska belastningen sannolikt bli med kunskap om hjärtfrekvensen. På slät väg ökar effektkravet 50 % vid jogging jämfört med gång. Vid gång i svårframkomlig terräng är effektkravet 100 % högre än vid gång på slät väg. Jogging i svårframkomlig terräng kräver 150 % högre effekt än vid motsvarande förflyttning på slät väg.

Litteratur

Custance, A. C. Difference in energy cost between road and treadmill walking. DREO-report no- 603, 1970.

Bergh, U och U. Danielsson. Power requirements during skiing with sledges and backpack. *Proc. Problems with Cold*. ed. Holmér, Kuklane, Arbete och Hälsa, 18, pp. 232-234, 1998.

Danielsson, Ulf och Stig Grambo. Position och arbetsbelastning i fält. Direktmätning och beräkning från GPS-data. FOI-R—0683—SE, april 2003

Larsson, P. och K. Henriksson-Larsén. The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, pp.1919-1924, 2001.

Margaria, R. Biomechanics and energetics of muscular exercise. Oxford, 1976

Sandberg, Stig och Ulf Hörberg. "Försök 2004", FOI MSI Arbetspapper, 2005.

Santee, W. R., W. F. Allison, L. A. Blanchard och M. G. Small. A proposed model for load carriage on sloped terrain. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 72, pp. 562-566, 2001

Soule, R. G. och R. F. Goldman. Terrain coefficients for energy cost prediction. *Journal of Applied Physiology*, 32, pp. 706-708, 1972.

Appendix 1

RPE

6	
7	mycket, mycket lätt
8	
9	mycket lätt
10	
11	lätt
12	
13	något ansträngande
14	
15	ansträngande
16	
17	mycket ansträngande
18	
19	mycket, mycket ansträngande
20	

RPT

-9	
-8	mycket, mycket kallt
-7	
-6	mycket kallt
-5	
-4	kallt
-3	
-2	något kallt
-1	
0	varken varmt eller kallt
1	
2	något varmt
3	
4	varmt
5	
6	mycket varmt
7	
8	mycket, mycket varmt
9	

Appendix 2

Kortfattad, kvalitativ bedömning av blåtands-GPS med XT-funktion

Bakgrund

Framtida markstridande soldatens förmåga att lösa sina uppgifter förutsätter kännedom om egen och andras position. Det kräver tillgång till någon form av positionsgivare typ GPS-mottagare. GPS-mottagarens förmåga att presentera position med hög noggrannhet är intimt kopplad till hur många satelliter som är "synliga", dessas fördelning i rymden och signalnivån. I många miljöer är mottagningsförhållandena mindre gynnsamma, t.ex. i bebyggelse, nära husväggar, inuti hus, i tät skog m.m. Ett sätt att "krama" ur mer information från GPS-satelliterna är att nyttja satelliter med signalnivåer som normalt inte ingår i en "fix". Det kan ske genom att nyttja ny teknik med mer avancerade beräkningsalgoritmer (XT-SiRF Xtrac). Dessa innebär oftast längre integrationstider för att lyfta relevanta signaler ur bakgrundsbruset. Civila GPS-mottagare som nyttjar sådan teknik finns nu tillgängliga på marknaden.

Detta memo beskriver kortfattat kvalitativt en sådan mottagare, Fortuna Clip-On Bluetooth GPS-receiver, när den dels varit uppkopplad mot PocketPC-handdator, HP IPAQ 2210, dels mot laptop, Dell 510m. Uppkopplingen har i båda fallen skett via blåtand.

Resultat och Diskussion

"Fix-förmågan"

Förmågan att låsa i svåra miljöer har testats i tät granskog, nära klipputsprång och nära marken. Andra miljöer har varit inomhus i träbarack/villa samt i stenhus med delvis reflekterande glasrutor.

Den subjektiva bedömningen är att förmågan att låsa på GPS-satelliter förbättrats med XT-funktionen. Inte under något tillfälle misslyckades en "fix" vid test i mycket tät granskog samt under stor, yvig gran. Träden och marken var vid tillfället våta av regn. Vid försök nära marken med axelkontakt till klipputsprång erhöles också fix. Positionsnoggrannheten var också god vid dessa tillfällen som skedde på MSS, Kvarn.

Det är även möjligt att erhålla fix med "tillräcklig" positionsnoggrannhet vid de flesta lägen inne i en normal trävilla. Även i en tvåvånings träbarack, längd 40 till 50 meter, var det möjligt att uppdatera positionen. "Spåret" vid gång i korridoren var "acceptabelt" trots att fönster bara fanns vid korridorens båda ändar och där GPS-en bara såg ett fönster i taget. Även inne på en toalett, med stängd dörr, indikerade GPS-en "fix". Noggrannheten kunde dock inte bedömas.

Inne i stenhus blir mottagningsförhållandena kraftigt försämrade. Resultatet påverkas sannolikt av om fönstren är hela och i så fall, glasets kvalitet. När fönsterglasen är belagda med reflekterande skikt (för att minska solinstrålningen) blir mottagningen mycket dålig, även nära fönstret.

Tiden till att låsa mot GPS-satelliterna upplevs som längre i XT-läget vid uppstart och vid fix efter tappad kontakt. Sannolikt beror det på den längre integrationstiden. En följd av längre integrationstider är att XT-funktionen inte rekommenderas vid snabba förflyttningar. Däremot rekommenderas den vid hastigheter som fotförflyttningar och liknande. XT-funktionens inverkan vid snabbare förflyttning testades vid bilkörning från MSS, Kvarn till Stockholm. Vid de positionsändringar som sker vid normal motorvägsfärd (110 km/h) erhöles en mycket noggrann "track". Även vid kurvig väg i 70 km/h erhöles god positionsnoggrannhet. Men också i en mer krävande miljö som Stockholm, med större riktningsändringar, kan XT-GPSen ge en riktig "track". Sammantaget innebär XT-funktionen inte någon stor inskränkning vid

hastigheter betydligt större än vid fotmarsch. GPS'n var under bilfärden placerad i bakrutan medan GPS-spåret lästes av på handdator placerad vid instrumentbrädan.

Blåtandsfunktionen

FUGAWI programvara användes för testningen av XT-GPSen i såväl laptop'en som i handdatorn. FUGAWI och handdator användes under bilfärden. I FUGAWI finns bl.a. möjligheten att bestämma antalet punkter i spåret som ska sparas och presenteras (uppdateras) på displayen. Inställningen som användes var 4000 sparade punkter varav 2000 skulle kunna presenteras med en uppdatering av positionen varje 5:e sekund. Vid några tillfällen tappades kontakten mellan GPS'en och handdatorn. Det skedde bl.a. då kartan zoomades ut maximalt vilket innebar att flesta lagrade positioner skulle uppdateras på skärmen. Handdatorns processor som är på 400MHz tycks, med den grafikfunktion som ingår, inte hinna med presentationen och samtidigt hålla kontakten med GPS'en. När blåtandsuppkopplingen fallerade måste kommunikationen initieras manuellt via flera steg för att skapa kontakt mellan handdator och GPS. Detta upplevdes som en påtaglig nackdel under den givna situationen (bilkörning). När handdator används kan tydligen datorkapaciteten vara en begränsande faktor. Enligt FUGAWI-diskussionssidor (www.soltek.se) kan begränsningarna delvis bero på vilka minnen som används i handdatorn. Snabbast möjliga minnen rekommenderas om kommunikationsproblemen ska minimeras. Även då laptop'en användes förlorades kontakten vid några tillfällen. Detta berodde sannolikt inte på processor- och grafikkapaciteten utan kan ha berott på att avståndet och hindret mellan GPS'en och datorn var alltför stort för blåtandssignalen.

Sammanfattning

GPS med XT-funktion ger bättre möjlighet att erhålla fix i tät skog och i övrigt besvärlig terräng. Inomhus, i trähus, fås viss förbättring jämfört med konventionell GPS medan skillnaden i (intakt) stenhus är liten. XT-funktionen tycks ha liten negativ inverkan på positionsnoggrannheten även vid betydligt högre hastigheter än vid fotförflyttning. Blåtandskommunikation upplevs som smidig när den väl fungerar. Vid okontrollerad nedkoppling krävs initieringar för uppstart vilket kanske inte är möjligt under vissa förhållanden. Någon form av autostart behövs i en militär applikation.