

MASTEROPPGAVE

Emnekode:

MKI210

Navn / kandidatnr.:

Anton Killi Ringen

Effekten av stigning, hastighet og teknikk på gross efficiency i Randonee.

The effect of incline, speed and technique on gross efficiency in randonee skiing.

Dato: 27.05.2019

Totalt antall sider: 22

Sammendrag

Mastergradsoppgave Kroppsøving og idrettsvitenskap, Nord Universitet, Levanger.

27.05.2019 **Hensikt:** Undersøke hvordan Gross Efficiency (GE), og andre fysiologiske og subjektive parametere blir påvirket av stilart i randonee. **Metode:** 8 menn og 3 kvinner (28.9 ± 6.3 år, 70.5 ± 9.9 kg, 176.3 ± 8.6 cm høy), med erfaring med randonee fra konkurranse og trening, gjennomførte en submaksimal arbeidsøkonomitest med et krysset design og en spesifikk VO_{2max} test i randonee i laboratoriet. Testene ble gjennomført med tilpassede randoneeski på rulleskimølle. Den submaksimale arbeidsøkonomitesten ble gjort på forskjellige hastigheter (3.2, 4.2, 4.4, og 5.2 km/t) stigningsprosent (15% og 25%), og VO_2 L/min ble målt de siste 2 minuttene av hvert drag, og blodlaktat (BLa), RPE (borg) ble målt etter hvert drag. EC og GE ble deretter kalkulert ut fra den mengden oksygen som ble forbrukt. VO_{2max} testen startet på 13% stigning og 6 km/t, med først økende stigning opp til 25%, og deretter økende hastighet, til utmattelse eller til VO_{2peak} var nådd. **Resultat:** Det er ingen signifikante forskjeller mellom to-takt teknikk og diagonal teknikk hverken i GE, RPE, HR eller BLa. Det er en signifikant høyere verdi av GE ved høy stigning (25%) enn lav stigning (15%). **Konklusjon:** Det er ingen forskjell i gross efficiency (GE) hjertefrekvens, laktat og RPE(borg), mellom to-takt og diagonal teknikk i randonee, ved gange på mølle uavhengig av hastighet eller stigningsprosent. Økende stigningsprosent gir en økning i gross efficiency (GE).

Nøkkelord: gross efficiency, randonee, energikostnad, effektivitet, teknikk.

Abstract

Master thesis Sport Science, Nord University, Levanger. 27.05.2019

Purpose of the study: Examine how gross efficiency (GE) and other physiological and subjective parameters are affected by different Randonnée skiing techniques. **Methods:** 8 men and 3 women (28.9 ± 6.3 years, 70.5 ± 9.9 kg 176.3 ± 8.6 cm high), with experience with Randonnée skiing from competition and training, conducted a sub-maximal work economy test with a cross design, and a specific VO_{2max} test for Randonnée skiing in laboratory. The tests were carried out with custom Randonnée skis on a roller mill. The submaximal work economy test was done at different speeds (3.2, 4.2, 4.4, and 5.2 km/h) and increment percentages (15%, 25%). Strokes of 4-5 min was conducted, and VO_2 L/min was measured over the last 2 minutes of each stroke, and blood lactate (BLa), RPE (borg), HR was measured after each stroke. EC and GE were then calculated from the amount of oxygen consumed. A VO_{2max} test was also conducted. The VO_{2max} test started at a 13% incline at 6 km/h. First incline increased up to 25%, and then the speed increased. The test was finished when exhaustion or VO_{2peak} was reached. **Results:** There are no significant differences between two-stroke technique and diagonal technique in either GE, RPE, or BLa. There is a significantly higher value of GE at a high incline (25%) than a low incline (15%). **Conclusion:** There is no difference in gross efficiency (GE) heart rate, lactate and RPE (borg), between two-stroke and diagonal techniques in Randonnée skiing, at treadmills, regardless of speed or incline. Increased incline increases gross efficiency (GE).

Key words: gross efficiency, randonnée skiing, energy cost, efficiency, technique.

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	ii
1.0 Innledning.....	1
1.1.1 Arbeidskrav og prestasjon i Randonee.	2
1.1.2 GE og bevegelsesformer.	2
1.1.3 EC i randonee.....	4
1.1.4 GE i randonee	5
1.2.1 Utarbeiding av problemstilling.....	5
2.0 Metode.....	6
2.1.1 Metodisk tilnærming til problemstillingen.	6
2.1.2 Forsøkspersoner.	6
2.1.3 Submaximal arbeidsøkonomitest.	7
2.1.4 VO _{2max} -Test.....	8
2.2.1 Labbutstyr.....	9
2.2.2 Øvrig utstyr.	10
2.3.1 Beregning av variabler	11
2.4.1 Statistisk analyse	12
3.0 Resultat.....	13
3.1.1 Effekt av stilart.....	13
3.1.2 Effekt av hastighet.	13
3.1.3 Effekt av stigningsprosent.....	14
3.2.1 Test av maksimalt oksygenopptak.	16
3.3.1 Korrelasjonsanalyser.	17
4.0 Diskusjon.....	17
4.0.1 Effekt av stilart.	17
4.0.2 Effekt av hastighet.....	17
4.0.3 Effekt av stigningsprosent.	18
4.1.1 sammenligning med tidligere studier.	18
4.2.1 Praktiske konsekvenser	19
5.0 Videre studier.	19
6.0 Konklusjon.	19
6.0 Etterord.....	20
Litteraturliste	21
Vedlegg	a

1.0 Innledning.

Randonee eller skialpinisme er en aktivitet med økende interesse i Norge. I alpine og Mellom-Europa er det allerede en godt befestet idrett, med god oppslutning. Skialpinisme/randonee er en idrett med lange tradisjoner. Konkurransformen har sitt utspring i fra militært patruljeløp, som sto på konkurranseprogrammet under de to første vinterolympiadene i Chamonix og St.Moritz.. Den gangen ble øvelsen gjennomført som et parløp, med innlagt skyting. Tradisjonsrike randonee konkurranser slik som Patrouille des Glaciers, startet ut som militære patrulje løp, men er nå blitt en konkurranse åpen for sivile. Militære patrulje løp inneholder også skyting, mens moderne randonee konkurranser ikke inneholder dette (IMFS, 2017). I tillegg til at konkurranseformen har utviklet seg har også utstyret det konkurreres med forandret seg betraktelig, Mens de første militære patruljeløpene gikk på tunge treski, konkurreres det i dag med spesialutstyr tilpasset randonee. Dette utstyret består av lette Slalåmski/turski med stålkant, bindinger med muligheter for å låse og frigjøre hælbinding og lette slalåmstøvler med muligheter for å frigjøre ankelleddet. Nyere og lettere utstyr har også ført til at fjellet har blitt mer tilgjengelig for allmenheten. I Norge vokser topptur festivaler og turistnæring knyttet til randonee på grunn av den økende interessen for sporten.

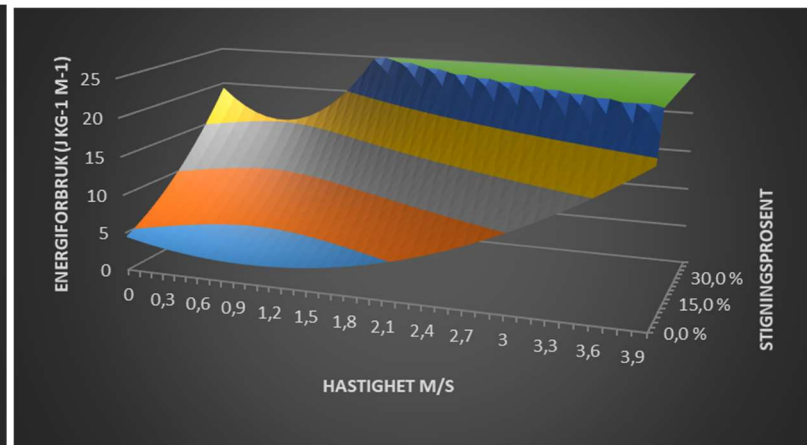
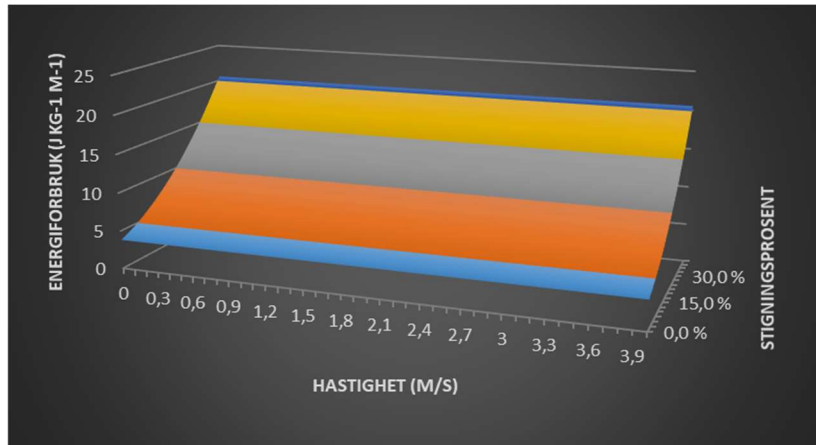
Som konkurranseform deles randonne inn i 5 forskjellige grener, individuell, vertikal, sprint, parløp og stafett(IMFS, 2017). Konkurransene dreier seg i hovedsak om å bestige fjell, for så å kjøre ned igjen på kortest mulig tid. I en individuell konkurranse konkurreres det i en fastsatt løype med minimum 3 stigninger og nedfarter, med tilsammen mellom 1600 til 1900 høydemeter i total stigning. Den lengste stigningen ikke skal overskride 50 % av den totale stigningen. I stigningene er det også partier som ferdes til fots, hvor skiene tas av og festes til sekken. Disse partiene kan være lagt inn som en del av løypa på grunn av at terrenget er for krevende til å ferdes på ski, eller fordi det er et ønske om å ha såkalte «booting» partier i løypen. Av den totale lengden på løypa må 85% av distansen være med ski på føttene. Den totale løpstiden på i en individuell randonee- konkurranse ligger på mellom 1.30 og 2 timer(IMFS, 2017). Disse rammefaktorene er med å lage grunnlaget for det arbeidskravet som er med på å avgjøre prestasjon i rondoene.

1.1.1 Arbeidskrav og prestasjon i Randonee.

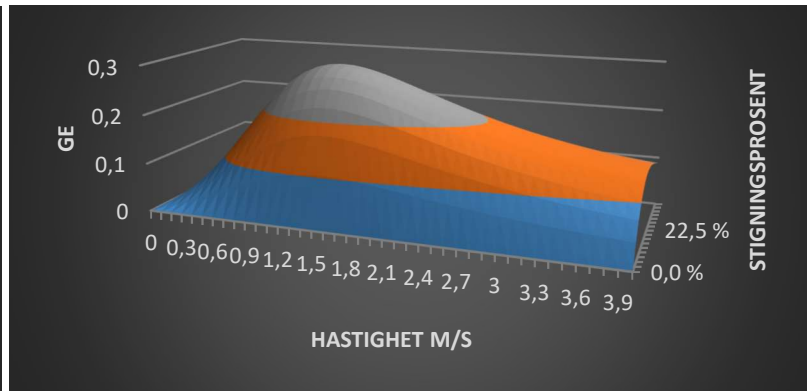
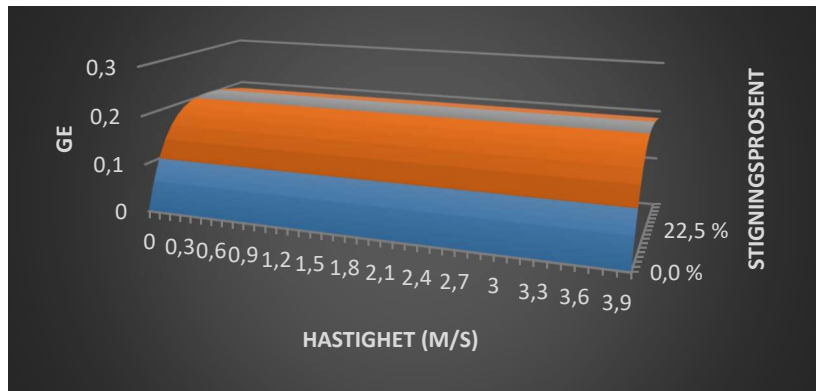
På grunn av randonee konkurransenes form konkluderer tidligere forskning (Praz, Léger, & Kayser, 2014; Voutselas, Soulas, & Kritikos, 2005) med at arbeidskravene i randonee kan sammenlignes med de vi finner i sykling, langdistanse løping, langrenn og motbakkeløp. Både løpstid og bevegelsesform tilsier at prestasjon i de forskjellige konkurranseformene kan predikeres av de samme faktorene. Prestasjon i motbakke randonee blir derfor avhengig av to faktorer, mengden energi kroppen klarer å yte per tidsenhet (Energiomsetning), og andelen av denne energien som kroppen klarer å utnytte til ønsket arbeid (Efficiency). Energiomsetningen er i stor grad avhengig av oksygenopptaket, og (Praz et al., 2014) finner også at et høyere maksimalt oksygenopptak korrelerer med bedre prestasjon i randonee konkurranser.

1.1.2 GE og bevegelsesformer.

Arbeidsøkonomi kan defineres som et mål på energi brukt i forhold til ønsket arbeid utført. Ønsket arbeid utført varierer fra idrett til idrett. I løping, sykling og gange er det normalt å forholde seg til begrepet gross efficiency (GE). GE er forholdet mellom energi forbrukt (EC) og mekanisk arbeid. Måling av det mekaniske arbeid varierer fra idrett til idrett, og kan være utfordrende. Sykling er den bevegelsesformen hvor det er enklest å regne ut GE, her måles kraften og frekvensen direkte i kranken på sykkelen (Millet, Tronche, Fuster, & Candau, 2002), og GE regnes direkte ut fra dette. I løping og gange blir mekanisk arbeid gitt ved økningen i potensiell energi (Di Prampero, 1986). I enkelte idretter slik som langrenn skøyting blir arbeidet som gjøres mot friksjon også regnet inn (Sandbakk et al., 2012). Det er spesielt i gange og løping vanskelig å anslå den totale mengden energi som blir brukt. Energien som brukes til å pendle armer og bein kan være vanskelig å anslå korrekt, spesielt ved gange på flatt underlag (Minetti, Moia, Roi, Susta, & Ferretti, 2002).



Figur 1 og 2 viser sammenhengen mellom stigningsprosent hastighet og energiforbruk (EC) i løping (Venstre) og gange (Høyre) (Ardigò, Saibene, & Minetti, 2003)



Figur 3 og 4 viser sammenhengen mellom hastighet stigningsprosent og gross efficiency (GE) i løping og gange. EC er definert av (Ardigò et al., 2003) sine formler for EC, og arbeid er definert som økning i potensiell energi. GE er gitt ved økning i potensiell energi over EC.

$$\frac{\text{Økning potensiell energi} + (\text{Energi Friksjon underlag}) + (\text{Energi Luftmotstand})}{\text{Totalt energiforbruk} - (\text{Hvileforbrenning})}$$

Når vi regner ut efficiency er det flere faktorer vi kan måtte ta hensyn til, og det er ofte opp til bevegelsesformen å avgjøre hvilke faktorer som er riktige å ta med. I løping er det ingen friksjon mot underlaget, og denne faktoren kan overses, det kan derimot være aktuelt å ta med luftmotstand i beregningen av GE selv om dette ofte overses. I langrenn skøyting er det en glidfase, hvor skien yter arbeid mot underlaget, dette fører til at friksjon ofte blir tatt med i beregningen av GE i langrenn(Sandbakk, Ettema, & Holmberg, 2012). I noen studier er det kun interessant å se på energifrigjøringen i musklene (Nett Efficiency, NE), da trekkes energiforbruket ved hvile fra det totale energiforbruket(Stainbsy, Gladden, Barclay, & Wilson, 1980).

1.1.3 EC i randonee

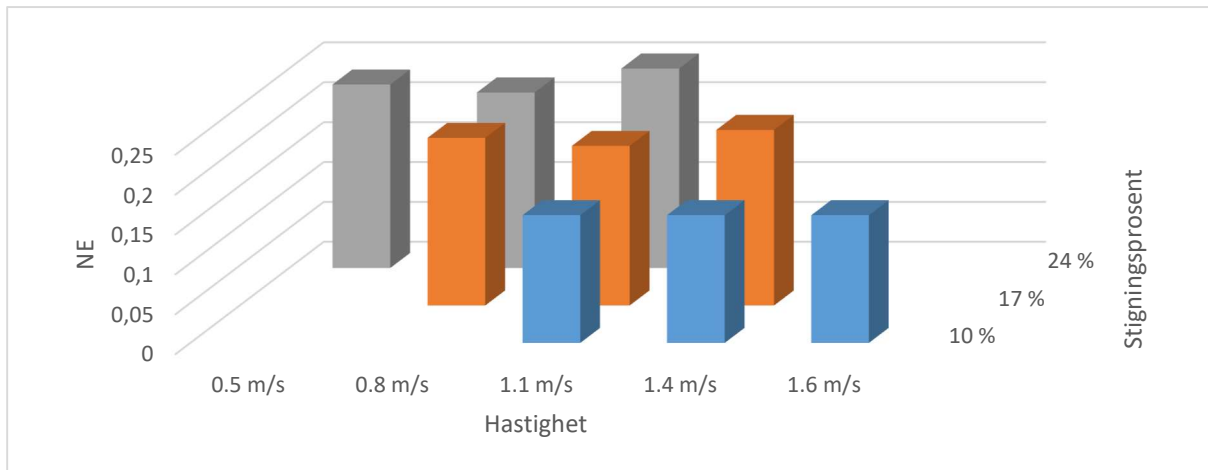
I randonee er det vertikale meter som er mest normalt å forholde seg til når vi definerer ønsket arbeid (Praz, Fasel, Vuistiner, Aminian, & Kayser, 2016a, 2016b; Tosi, Leonardi, Zerbini, Rosponi, & Schena, 2010). I andre idretter kan det være annerledes. (Praz et al., 2016a, 2016b) regner ut mengden energi per vertikale meter ($\text{J kg}^{-1} \text{m}^{-1}_{\text{vert}}$) både i felt og i laboratoriet. Både i feltstudien og i laboratoriestudien finner de en signifikant forskjell i energiforbruk per høydemeter (EC_{vert}), mellom høye og lave stigningsprosent. EC_{vert} blir mindre når stigningsgraden blir høyere. I feltstudien måler de EC_{vert} ved 7,11 og 33 prosent stigning, mens i laboratoriestudien måler de EC_{vert} ved 10, 17 og 24 prosent stigning. (Praz et al., 2016a) finner også at EC_{vert} er høyere ved feltstudien enn ved laboratorietesten.

(Tosi et al., 2010) har undersøkt energikostnaden og arbeidsøkonomien i randonee ved forskjellig hastighet i laboratoriet. Hensikten med denne studien var å undersøke energiforbruket ved forskjellige hastigheter i et kontrollert miljø. Studien bygger videre på den tidligere feltundersøkelsen av (Tosi, Leonardi, & Schena, 2009). EC ble målt ved hastigheter fra 1,4 km/t til 6 km/t hos 10 erfarne randonee utøvere. Energikostnaden ble kalkulert ut ifra en Oksygenmåler. Hovedfunnet i denne studien er at arbeidsøkonomien var best ved en hastighet på 3.5 km/t, ved den gitte stigningsgraden. Det ble også funnet en sammenheng mellom høyde og relativt energiforbruk, hvor høye utøvere bruker mindre energi per kg enn kortere utøvere.

Vekt på ski og sko har tidligere blitt undersøkt av (Tosi et al., 2009) i en feltstudie. Der ble det gjennomført et testløp på 500m med 21% stigning på snø, hvor oksygenforbruket ble beregnet ved hjelp av en bærbar oksygenmåler. Ut fra oksygenforbruket ble energiforbruk beregnet. Hovedfunnet fra denne undersøkelsen er at økt vekt på ankene signifikant øker energiforbruket, særlig ved høyere hastigheter. Undersøkelsen konkluderer også med at energikostnaden per vertikale meter er høyere i randonee enn ved løping.

1.1.4 GE i randonee

Selv om det er gjort studier på arbeidsøkonomi og energikostnad i randonee tidligere, er det ingen som har undersøkt gross efficiency (GE) direkte. (Praz et al., 2016b) undersøker Nett efficiency i sin laboratoriestudie, og resultatene av denne danner et bilde av hvordan Gross efficiency i randonee arter seg. I motsetning til GE trekkes energiforbruket i hvile fra EC slik at det er kun energifrigjøring i skjelett muskulaturen som regnes med.



Figur 5: Framstilling av resultatene fra (Praz et al., 2016b), figuren viser påvirkningen av Hastighet (m/s) og stigningsprosent (%) på NE.

1.2.1 Utarbeiding av problemstilling.

Tidligere forskning på Efficiency i forskjellige bevegelsesformer, viser stor forskjell mellom de forskjellige bevegelsesformene. I løping er efficiency uavhengig av hastighet, mens i gange er efficiency avhengig av både hastighet og stigning. Ser vi på figur 3 og 4, ser vi at løping og gange veksler på å ha høyest efficiency. Dette medfører at det i motbakkøløp kan være hensiktsmessig å veksle mellom å gå og løpe etter hvilken stigningsgrad det er på løypen. I randonee brukes det også forskjellige stilarter. I skråhelninger og også ellers i traseen foretrekker mange å veksle mellom det som er en diagonal stilart, med et stavtak per

steg, og det som i denne oppgaven blir referert til som to-takt, hvor de gjør et parallelt dobbelttak med stavene og et enkelt stavtak mellom, slik at forholdet mellom stavtak og steg blir 3:4. Ingen av de tidligere undersøkelsene tar hensyn til de forskjellige stilartene selv om stilarten potensielt kan påvirke prestasjon i randonee. Denne undersøkelsen tar derfor sikte på å undersøke hvordan efficiency skiller seg mellom disse to teknikkene, og hvilke andre fysiologiske og subjektive forskjeller det er mellom dem, ved forskjellige stigningsprosent og hastigheter.

2.0 Metode.

2.1.1 Metodisk tilnærming til problemstillingen.

Studien ble gjennomført på rulleskimølle ved Meråker VGS/Nord Universitet sitt laboratorie i perioden november 2018 til mars 2019.

For å studere hvordan arbeidsøkonomi og Efficiency (GE) blir påvirket av stilart i randonee, ble det gjennomført en submaksimaltest med kryss design. Testen som ble gjennomført var utformet for å kunne se på forskjellene i energiforbruk ved forskjellige stigninger, teknikker og hastigheter. Ved den submaksimale testen ble energiforbruket ved følgende stigningsgrader og hastigheter målt; 4,2km/t & 15%, 4,4km/t & 15%, 3,2km/t & 25%, 5,2km/t & 15%, 4,4km/t & 25%.

Den uavhengige variabelen i forsøket var teknikk, og det ble gjennomført 2 forskjellige teknikker.

I **diagonal** teknikk settes stavene ned i en normal rytme med gangen, og det er et 1:1 forhold mellom antall stavtak og antall skritt.

Ved **to-takts** teknikk settes det ned et parallelt stavtak for hvert fjerde steg, samt et enhånds stavtak på det andre steget etter paralleltaket. Enhåndstaket tas med venstre arm, om høyre fot er ledende (diagonalt), og motsatt.

2.1.2 Forsøkspersoner.

12 forsøkspersoner ble rekruttert til denne studien. Av de som ble testet var 11 av dem i slik fysisk form at de var i stand til å gjennomføre hele den submaksimale testprotokolen. Studien omhandler derfor kun de forsøkspersonene som klarte å gjennomføre den submaksimale testen på en tilstrekkelig måte. Gruppen besto av 3 kvinner og 8 menn, alle med erfaring fra

randonee enten som konkurransform eller gjennom rekreasjon. Alle i gruppen hadde drevet med randonee i over 3 år, og var godt kjent med bevegelsesformen fra før. Ingen av dem hadde gått på rulleskimølle med randoneeski tidligere. Alle forsøkspersonene var med på frivillig grunnlag, og var informert om studiens hensikt før oppstart. All data ble behandlet konfidensielt, og alle deltagerne hadde mulighet til å trekke seg fra studien når som helst.

Alder	Vekt	Høyde	VO _{2max}
28.9 ±6.3 år	70.5 ±9.9 kg	176.3±8.6	68.1 ± 6.5*

*Tabell 1: Oversikt over fysiologiske data for testpersonene. *Resultat av spesifikk VO_{2max} test på randoneeski.*

2.1.3 Submaksimal arbeidsøkonomitest.

De avhengige variablene som ble målt var Oksygenopptak (VO₂), Respiratory exchange ratio (RER), Laktatkonsentrasjon i blod (BLa), Hjerterefrekvens (HR), og opplevd anstrengelse (borg-skala). Ut ifra disse målingene ble det kalkulert verdier for Gross Effisiensy (GE) og Energiforbruk(EC).

Ved den submaksimale arbeidsøkonomitesten startet utøverne uten oppvarming på lett belastning (15%,4,2km/t) med i gjennomsnitt 68% av HB_{max}. Deretter økte intensiteten gradvis mens hastighet og stigning varierte, slik det er gjengitt i tabell 2. Ved siste stigning hadde gruppen i gjennomsnitt 85% av HB_{max}.

Når man skal beregne energiforbruk (EC), er det vanlig å måle mengden oksygen kroppen tar opp i løpet av en tidsperiode, for så å beregne energien denne mengden oksygen tilsvarer. Det er da viktig at man oppnår et stady-state oksygenopptak, for å få valide målinger(Hughson, 2009). Stady-state oppnås etter 1-2 minutter ved små intensitets økninger, og >3 ved moderat til store intensitets økninger. Det ble derfor tatt målinger av oksygenopptak, RER og puls de siste 2 minuttene av hvert drag.

5 Min	5 Min	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min	4min
15%,	15%,	15%,	15%	25%	25%	15%	15%	25%	25%
4,2km/t	4,2km/t	4,4km/t	4,4km/t	3,2km/t	3,2km/t	5,2km/t	5,2km/t	4,4km/t	4,4km/t
To-takt	Diagonal	To-takt	Diagonal	To-takt	Diagonal	To-takt	Diagonal	To-takt	Diagonal

Tabell 2: Tabell som viser oversikt over lengde, stigningsprosent, hastighet og stilart ved dragene i den submaksimale arbeidsøkonomitesten. Mellom hvert drag, ble det tatt laktat (BLa), og RPE (Borg, 1982) dette medførte en omtrent et minutt pause mellom hvert drag. Halve gruppen gjennomførte motsatt rekkefølge på dragene, dvs de startet med et diagonaldrag, i et krysset design.

2.1.4 VO_{2max}-Test

Etter endt Submaksimal test ble det også gjennomført en VO_{2mx} test spesifikk for randonee. Testen startet med en hastighet på 6km/t ved 13% stigning og økte med 2 prosent for hvert minutt. Etter 1 minutt på 25% stigning økte hastigheten med 0,4 km/t, til utøveren måtte stanse på grunn av utmattelse, eller VO_{2peak} var nådd. Det ble gjort målinger hvert tiende sekund, og VO_{2max} ble definert som gjennomsnittet av de tre høyeste målingene. VO_{2max} testen ble gjennomført for å kunne kartlegge mer av utøvernes fysiske forutsetninger.

1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min
6km/t	6km/t	6km/t	6km/t	6km/t	6km/t	6km/t	6.4km/t	6.8km/t	7.2km/t	7.6km/t
13%	15%	17%	19%	21%	23%	25%	25%	25%	25%	25%

Tabell 3: oversikt over VO_{2max} testprotokol. Testprotokollen kan utvides med økende hastighet, om VO_{2max} ikke er nådd.

2.2.1 Labbutstyr.

Alle forsøkene ble gjennomført ved testlaboratoriet til Meråker VGS/ Nord universitet i Meråker. Alle oksygenmålinger ble gjort med en oksygenanalysator (Oxycon Pro, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany). Den måler utåndingsluften i et miksekammer, og analyserer mengden av CO₂ og O₂. Flowtransduseren ble kalibrert ved hjelp av manuell 3 liters kalibreringspumpe, og ved hjelp av romluft og en kjent gassblanding (15,00% O₂ og 5,85% CO₂, Riessner-Gase GmbH & Co, Lichtenfels, Germany) ble oksygenanalysatoren kalibrert etter produsentens spesifikasjoner. Oxycon Pro er ifølge (Carter & Jeukendrup, 2002; Foss & Hallen, 2005), et presist måleapparat til å måle oksygenopptak hos mennesker. (Rietjens, Kuipers, Kester, & Keizer, 2001) rapporterer også at Oxycon Pro er nøyaktig ved både høye og lave ventilasjoner. Alle tester ble gjennomført med nese-klype slik at all luft ble transportert gjennom oksygenanalysatoren.

Alle testene ble gjennomført på en rulleskimølle av typen Rodby (RL3500E, Södertälje, Sweden). Rulleskimøllen er 350 cm lang og 250 cm bred. Rulleskimøllens vinkel og hastighet ble kontrollert rett i forkant av første test, og også under testperioden. Utøverne ble sikret ved hjelp av en sele festet til nødstop i taket over rulleskimøllen, i tilfelle fall.

Til måling av hjerterefrekvens ble det brukt en pulsklokke av typen Garmin forerunner 935 (Olathe, USA), med pulsbelte av typen Garmin HRM-Dual (Olathe, USA). Måling av blodlaktat (BLa) ble gjort ved hjelp av en laktatanalysator fra Biosen (EKF diagnostics, Biosen C _ line, Magdeburg, Germany). Laktatmålingene ble gjennomført etter de prosedyrene som ble gitt fra produsenten. Laktatmålingen ble tatt i fingeren. Først ble fingeren tørket av/vasket før det ble stukket med engangsnål i fingeren. Første bloddråpe ble tørket av fingeren, før 20 mikroliter blod ble fylt i en glasskapillær. Glasskapillæren ble deretter lagt i en kapsel, kapselen ble vendt/ristet slik at vesken og blodet blandet seg, og deretter satt i Laktatanalysatoren.

2.2.2 Øvrig utstyr.

Ved tidligere undersøkelser (Tosi, Praz etc) har det vært brukt rulleski på rulleskimølle for å simulere randonee på snø. I denne undersøkelsen ble det benyttet ski (Atomic Ultimate 65 WC 163 cm, Altenmarkt im Pongau, Østerrike) med bindinger (ATK RACE SL WC, Fiorano Italia), i tillegg ble skiene utstyrt med syntetiske feller (G3 Alpinist, North Vancouver, BC, Canada) som ble skåret til etter skienes ytterkanter slik at de skulle verne om båndet på rulleskimøllen, samtidig som de ga mer friksjon mot underlaget enn uten feller. Til sammen veide ski, binding og felle 1,1 kg per ski.

Stavene (Swix CT1, Lillehammer, Norway) ble utstyrt med spesiallagde børster/pigger (Biomekanikk AS, Oslo, Norway). Disse ble benyttet for å oppnå god friksjon mellom piggene og underlaget, og for å verne om båndet på rulleskimøllen. Utøverne fikk gå med selvvalgt lengde på stavene, og valgte i gjennomsnitt en lengde på $79\% \pm 3\%$ av kroppshøyden.

Forsøkspersonene brukte private sko ved testingen. Skoene var alle av typen alpínsøvel med gå funksjon/randoneestøvel. Den gjennomsnittlige vekten for disse skoene var $1\text{ kg} \pm 0,3\text{ kg}$. Skoene ble festet til tå bindingen på skien, slik at de roterte uten motstand i bindingen. Hæl bindingen bygget opp skoen bak slik at det ble 1,4 cm høyere bak enn foran, dette tilsvarer $3,2^\circ$



Bilde 1: Bilde av ski med binding og sko.

2.3.1 Beregning av variabler

Energiforbruk ble kalkulert ved hjelp av målinger fra oksygenanalysatoren. Der ble mengden energi frigjort beregnet ved hjelp av gjennomsnittet av litermålingene de siste 2 minuttene, og korrigert med RER verdier. Energiforbruket per liter ble hentet fra tabell over forholdet mellom RER verdier og frigjort mengde energi per liter oksygen.

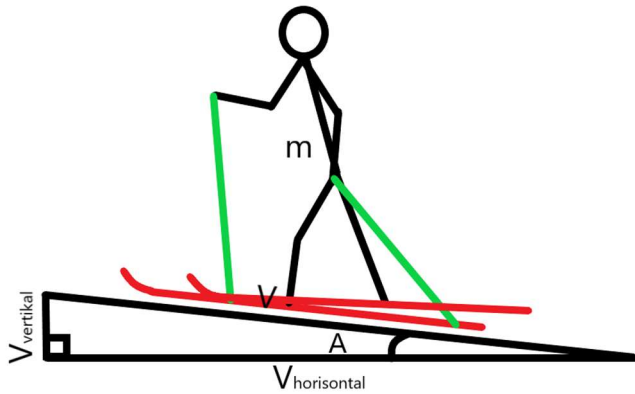
$$EC = VO_2 * E_k$$

Formel 1: EC er gitt ved mengden oksygen i liter samt mengde frigjort energi per liter oksygen, som hentes ut fra RER korrigert tabell.

RER	(E _k) KJ/L O ₂
1.00	21,1307796
0.96	20,9256264
0.92	20,7162864
0.88	20,5111332
0.84	20,30598
0.80	20,1008268
0.76	19,8914868
0.72	19,6863336

Tabell 4: Viser sammenhengen mellom RER verdier og mengden energi frigjort per liter oksygen. Fullstendig tabell ligger i vedlegg. (McArdle, Katch, & Katch, 1991)

Gross efficiency ble i denne undersøkelsen definert kun som energiforbruk delt på økning i potensiell energi. Det ble ikke tatt høyde for den eventuelle friksjonen som kunne være mellom underlaget og skia. Friksjon ble ikke tatt med i utregningen av GE på grunn av at utøverne ikke hadde noen glidfase ved noen av hastighetene.



Figur 5: Oversikt over tall og vinkler brukt i utregningen av GE.

$$GE = \frac{\text{Økning potensiell energi}}{\text{Energiforbruk}} = \frac{V_{\text{vertikal}} * m * g}{VO_2 * E_k}$$

Formel 2: Viser utregningen av GE.

$$V_{\text{vertikal}} = \text{Sin}(A) * V$$

Formel 3: utregning av Vertikal hastighet. (m/s)

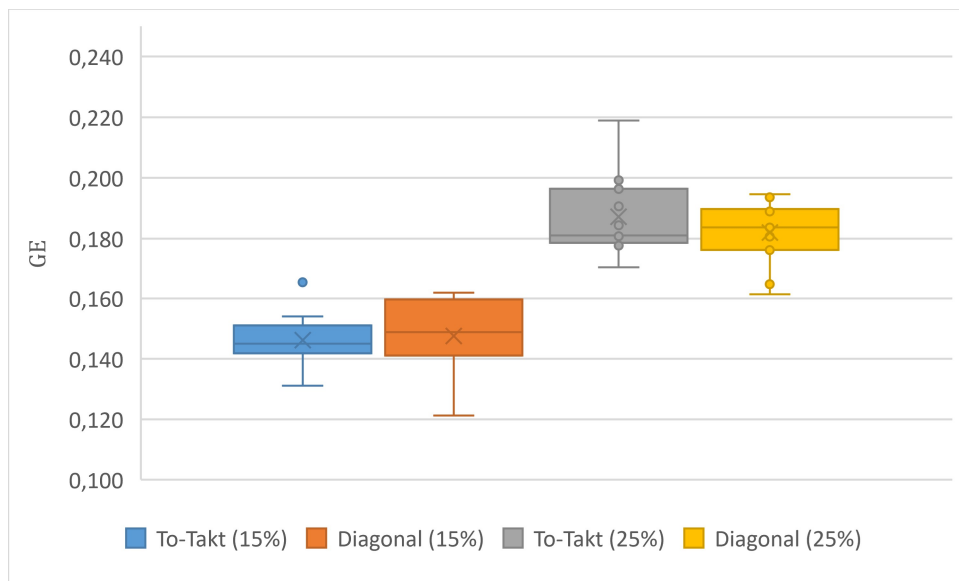
2.4.1 Statistisk analyse

Resultatene ble ført inn i Microsoft Excel, Microsoft, Redmond, Washington, USA). Dataene ble deretter eksportert til SPSS (IBM SPSS Statistics 25,0 International Business Machines, New York, USA) for videre statistiske analyser. Det ble gjennomført 2x5 way repeated measures ANOVA for å finne statistiske forskjeller i GE, BL_a, RPE, VO₂ og HR mellom de to stilartene. Det ble i tillegg gjennomført korrelasjonsanalyser mellom resultatene fra VO₂ max testen og den submaksimale arbeidsøkonomitesten, for å undersøke hvordan maksimalt oksygenopptak påvirker de forskjellige parameterne målt ved den submaksimale arbeidsøkonomitesten. Til fremstilling av figurer ble Microsoft Exel brukt.

3.0 Resultat

3.1.1 Effekt av stilart.

En 2 x 5 Repeated measurements ANOVA, viser at stilart ikke har noen signifikant virkning på GE ($P=0,79$), Hjerterefrekvens ($P=0,45$) eller Blod laktat ($P=0,23$). Det finnes heller ikke noen signifikant forskjell i GE, HR og BLa mellom stilartene ved noen av belastningene i Bonferoni korrigeret paret T-Test (post-hoc).



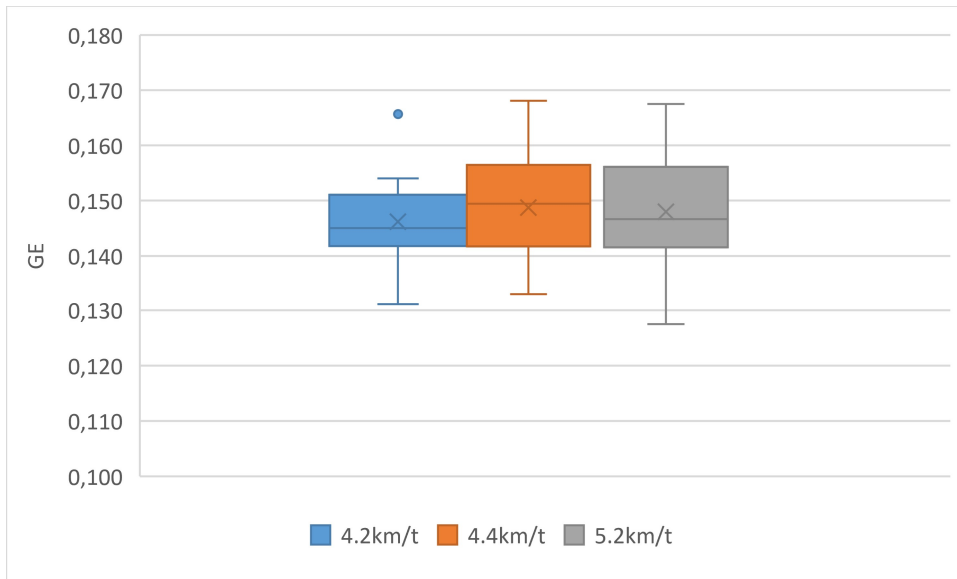
Figur 6: Framstilling av snittet av GE ved 15% og 25% stigning ved forskjellige hastigheter i diagonal og to-takt.

3.1.2 Effekt av hastighet.

Arbeidsbelastningen (hastighet og stigning), har en signifikant virkning på GE ($P=0,00$) og Hjerterefrekvens ($P=0,00$). Ved bruk av paret T-test korrigeret med Bonferoni (post-hoc) er det ingen signifikante forskjeller i GE ($P \geq 0,05$) mellom de hastighetene, på samme stigning.

Arbeidsbelastningen (hastighet og stigning), har en signifikant virkning på BLa ($P=0,024$), men ved bruk av paret t-test korrigeret med Bonferoni (post-hoc), er det ingen signifikante forskjeller ($P \geq 0,05$) BLa mellom noen av de forskjellige belastningene.

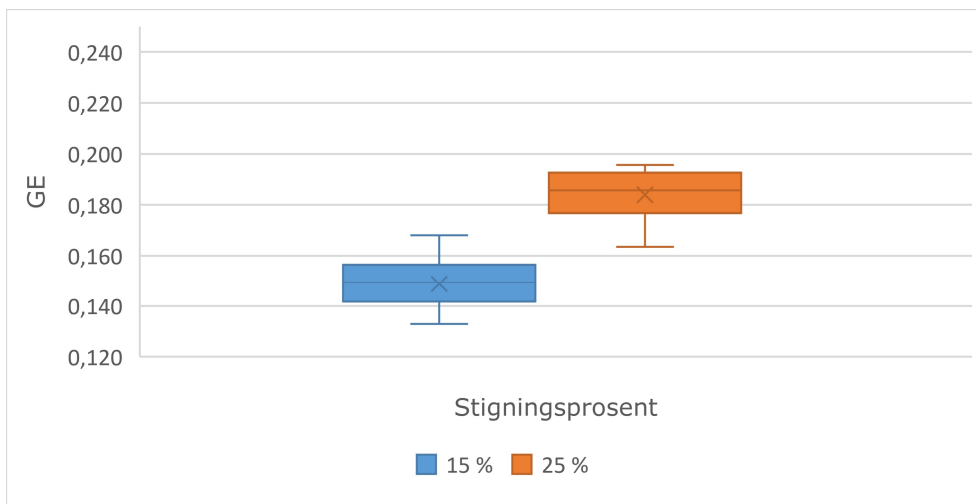
Ved økning i arbeidsbelastning (hastighet og stigning) er det en signifikant økning i Hjerterefrekvens ($P=0,00$), ved de to høyeste belastningene.



Figur 7: Viser samlet GE for både diagonal og to-takt, ved forskjellige hastigheter ved 15% stigning.

3.1.3 Effekt av stigningsprosent.

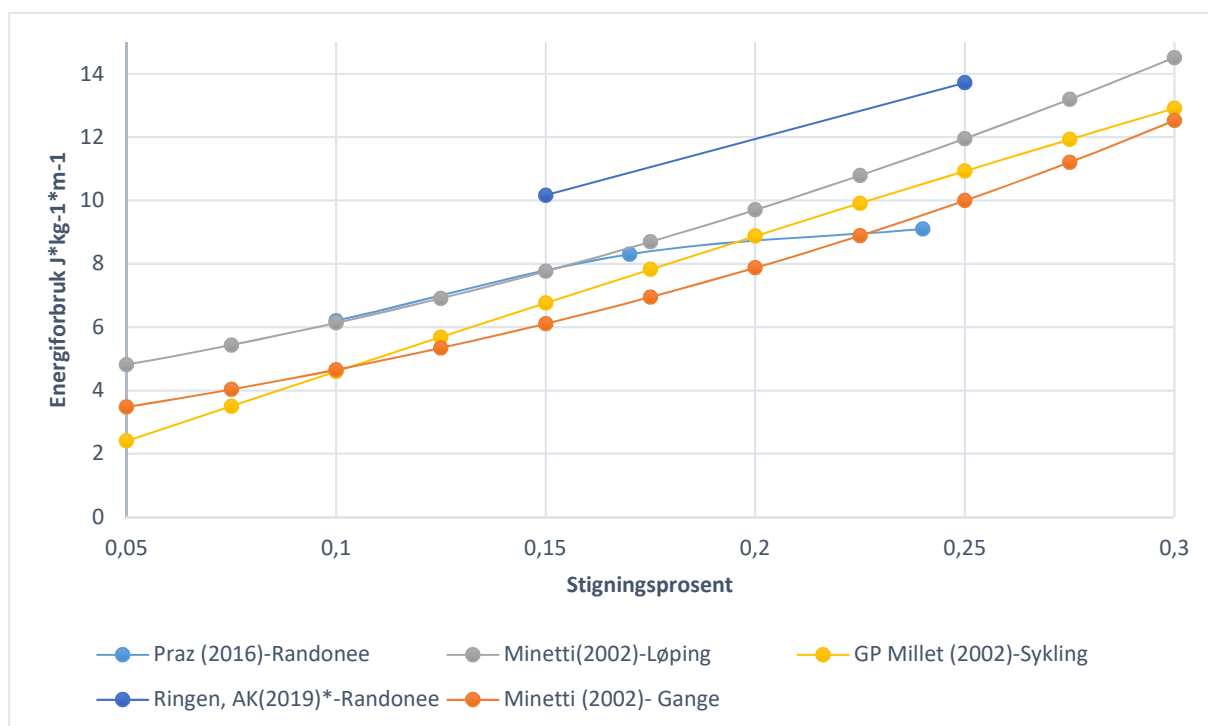
Det er signifikante ($P < 0,05$) økninger i GE i de belastningene som går ved høyere stigningsprosent (25% stigning), i forhold til lav stigningsprosent (15% stigning).



Figur 8: GE ved 4,4 km/t for samlet for begge stilarter. Det er en signifikant forskjell ($P \leq 0,05$) i GE mellom 15% og 20% stigning.

	4.2 Km/t 15%		4.4 Km/t 15%		5.2 Km/t 15%		3.2 Km/t 25%		4.4 Km/t 25%	
	To-Takt	Diagonal	To-takt	Diagonal	To-takt	Diagonal	To-Takt	Diagonal	To-Takt	Diagonal
HR (Bpm)	130.2 ± 19.0	127.9 ± 17.6	133.1 ± 19.7	131.5 ± 19.5	150.4 ± 22.3 **	147.5 ± 20.6 **	131.0 ± 18.9	129.9 ± 17.3	154.6 ± 18.6 **	162.3 ± 22.1 **
VO2 (ml/min)	2562.4 ± 307.0	2562.3 ± 311.0	2670.3 ± 305.0	2633.7 ± 330.5	3177.8 ± 410.2	3154.4 ± 403.6	2604.4 ± 334.5	2622.7 ± 375.7	3564 ± 467.8	3551.7 ± 449.3
BLa (mmo/l)	1.41 ± 0.88	1.36 ± 0.78	1.14 ± 0.50	1.06 ± 0.36	1.42 ± 0.75	1.37 ± 0.67	0.96 ± 0.23	0.91 ± 0.26	2.10 ± 1.31	1.87 ± 1.21
RPE, 6-20 (borg)	8.7 ± 1.8	9.0 ± 1.7	9.7 ± 1.8	9.9 ± 2.1	12.0 ± 2.7 ***	11.9 ± 2.5 ***	9.9 ± 2.7	10.2 ± 2.3	13.7 ± 2.7 ***	13.8 ± 2.7 ***
Gross Effisiensi	0.146 ± 0.089	0.147 ± 0.011	0.149 ± 0.010	0.150 ± 0.010	0.148 ± 0.012	0.147 ± 0.009	0.187 ± 0.013*	0.182 ± 0.011*	0.184 ± 0.096*	0.185 ± 0.012*

Tabell 5 : * Signifikant økning i GE fra 4,2 Km/t og 15% stigning i henholdsvis to-takt og Diagonal. **Signifikant økning i HR fra 4,2 Km/t og 15% stigning. *** Signifikant økning i RPE (borg) fra 4,2 Km/t og 15% stigning. ****Signifikant økning i oksygenforbruk fra 4,2 Km/t og 15% stigning.



Figur 9: Figuren viser sammenhengen mellom energiforbruk per meter. ($J \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$) og stigningsprosent i forskjellige bevegelsesformer ved forskjellige undersøkelser ved 1,1m/s. *Ringen, AK(2019) viser energiforbruket ved hastigheten 1,2m/s.

3.2.1 Test av maksimalt oksygenopptak.

Ved VO_{2max} testen nådde forsøkspersonene i snitt et relativt oksygenopptak på 68.0 ± 6.5 ml/kg/min, maksimal respiratory exchange ratio (RER) på 1.09 ± 0.04 , RPE (borg) på 18.4 ± 0.8 , og en gjennomsnittlig BLa etter endt test på 10.2 ± 2.0 mmol/L. To av de elleve testede utøverne klarte kun intensitets økningen opp til 23 % stigning, ved 6 km/t. Resten av utøverne klarte intensitets økning opp på 25 % stigning, og noen klarte flere fartsøkninger på 25 % stigning. Høyeste hastighet på som ble oppnådd av en utøver var 7.6 km/t ved 25% stigning.

VO_{2max}	BLa	RPE(borg)	RER
68.0 ± 6.5 ml/kg/min	10.2 ± 2.0 mmol/L	18.4 ± 0.8	1.09 ± 0.04

Tabell 6: Oversikt over gjennomsnittsverdiene av testresultatene fra VO_{2max} test.

3.3.1 Korrelasjonsanalyser.

Det ble gjennomført en korrelasjonsanalyse mellom resultatene på VO_{2max} testen og den submaksimale arbeidsøkonomitesten. Det ble ikke funnet noen signifikant korrelasjon mellom VO_{2max} og den gjennomsnittlige verdien av GE ved den submaksimale arbeidsøkonomitesten. Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom høyere VO_{2max} og lavere laktat ved noen av de submaksimale dragene.

4.0 Diskusjon

Formålet med studien var å undersøke hvordan de to forskjellige delteknikkene i randonee påvirker fysiologiske og subjektive responser hos randonee-utøvere ved forskjellige stigningsprosent og hastigheter. De viktigste funnene i denne undersøkelsen var: (1) Det er ingen signifikant forskjell mellom GE, blodlaktat, hjertefrekvens eller subjektiv opplevelse mellom To-takt og Diagonal teknikk. (2) GE blir signifikant høyere ved 25% stigning, kontra 15% stigning.

4.0.1 Effekt av stilart.

I undersøkelsen finner vi ingen signifikante forskjeller i GE, BLA, og hjertefrekvens mellom de to stilartene. Årsaken til at vi ikke ser noen endring kan være de store likhetene mellom de to forskjellige del-teknikkene. Selv om overkroppen brukes forskjellig, er bruken av ben stort sett den samme. Mens forholdet mellom antall stavgang og steg er 1:1 i diagonal, er forholdet i to-takt 3:4. Det er derfor naturlig å tenke seg at mesteparten av arbeidet blir gjort av benene, og at det overkroppsarbeidet som blir gjort i de forskjellige stilartene, bidrar omtrent like mye. Dette kan forklare hvorfor vi ikke finner en signifikant forskjell mellom de to stilartene.

4.0.2 Effekt av hastighet.

Det er ingen signifikante forskjeller i Gross efficiency ved forskjellige hastigheter på verken 15% eller 25% stigning. Dette står i kontrast med den tidligere undersøkelsen av (Tosi et al., 2010), hvor de finner at energiforbruket per meter ($J \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$) øker ved hastigheter over og under selvvalgt hastighet. Grunnen til at det ikke er forskjeller i denne undersøkelsen kan komme av at forskjellene i hastighet er for små til at det er mulig å finne noen signifikant forskjell i en så liten gruppe. Eller at denne undersøkelsen ikke baserer seg på utøvernes selvvalgte hastighet, men heller har faste hastigheter og stigningsgrader for alle utøverne. Det

kan også komme av at det er relativt store forskjeller i gruppa i høyde, vekt og VO_{2max} og at derfor utøvernes ideelle hastighet (selvvalgte hastighet) er veldig forskjellig, noe som fører til at enkelte utøvere kanskje har en ideell hastighet på 3.2 km/t mens andre kan ha ideell hastighet på 5.2 km/t.

4.0.3 Effekt av stigningsprosent.

Det blir som i tidligere undersøkelser (Praz et al., 2016a, 2016b; Tosi et al., 2010) funnet en signifikant økning av gross efficiency (GE) ved høy (25%) kontra lav (15%) prosent stigning. Dette kan i hovedsak forklares av 2 forskjeller; (1) Tyngdepunktet beveger seg i større grad kun oppover, og mindre opp og ned. Slik at arbeidet arter seg mer som et rent konsentrisk muskellarbeid. (2) Det kan også komme av at antallet vertikale meter, som blir regnet om til økning i potensiell energi, er større i forhold til antall horisontale meter ved høyere stigningsprosent, og at arbeidet som går bort i friksjon derfor blir mindre i forhold til økningen i potensiell energi.

4.1.1 sammenligning med tidligere studier.

Slik det kommer frem av figur 9, er det i denne undersøkelsen et høyere energiforbruk per meter i denne undersøkelsen enn i andre lignende undersøkelser i randonee, og også høyere enn tidligere undersøkelser om energiforbruk i sykling, løping og gange. Det høyere energiforbruket i denne undersøkelsen kontra tidligere undersøkelser, kan komme av forskjell i utstyr brukt ved denne undersøkelsen kontra tidligere undersøkelser på randonee. I denne undersøkelsen ble det benyttet randonee ski, med feller i stedet for ombygde rulleski slik det ble gjort ved de tidligere undersøkelsene av (Praz et al., 2016b; Tosi et al., 2010). Dette kan ha ført til at utøverne gjorde et større arbeid mot underlaget i form av friksjon enn ved de tidligere undersøkelsene.

Resultatene fra denne undersøkelsen samsvarer i stor grad med de undersøkelsene som er blitt gjort tidligere. Efficiency er i stor grad avhengig av stigningsgrad, men vi finner lavere grader av efficiency i denne undersøkelsen enn i tidligere lignende undersøkelser (se fig.4). Grunnen til at vi ser lavere efficiency i denne oppgaven, kan være at det gjøres et større arbeid mot friksjon i denne undersøkelsen. I denne undersøkelsen hadde ikke noen av utøverne glidfase ved noen av hastighetene eller stigningsprosentene. Ved Randonee i en konkurransesammenheng er det gjerne en glidfase særlig ved lave stigningsgrader og høy

hastighet, ved høye stigningsgrader og lav hastighet er det trolig sjelden noen vesentlig glidfase.

4.2.1 Praktiske konsekvenser

Denne undersøkelsen slår fast at det ikke er noen forskjell i efficiency, BLa, eller RPE mellom de to forskjellige stilartene, noe som medfører at det ikke er noen objektiv fordel med å velge den ene eller den andre stilarten, og utøverne selv bør velge den stilarten de subjektivt synes er best. Hvilken stilart det er kan variere fra person til person, og også underveis i konkurranser, ettersom variasjon i stilart kan skape avlastning for enkelte muskelgrupper.

5.0 Videre studier.

Denne studien tar i hovedsak for seg de fysiologiske forskjellene mellom to-takt og diagonalteknikk. Studien tar ikke med data om frekvens, sykluslengde eller mekanikk i noen særlig grad. Dette er faktorer som spiller inn på Efficiency i andre bevegelsesformer, og som det også kunne vært naturlig å kunne tenke spiller inn i arbeidsøkonomien i randonee. Å undersøke mer hva som er de faktiske mekaniske forskjellene mellom disse to stilartene, og hva som skiller de utøverne med høy efficiency fra de med lav efficiency kunne vært relevant i forhold til optimalisering av teknikk for utøvere.

I randonee er underlaget veldig varierende, arbeidsøkonomi og teknikk kan bli påvirket av snøtype, løypepreparering, og helning. Tidligere studier har undersøkt hvordan energikostnad og efficiency blir påvirket av stigningsgrad og hastighet både i laboratoriet og i feltstudier. Denne undersøkelsen har undersøkt effekten hvordan de to forskjellige hovedteknikkene påvirker energikostnad og efficiency i laboratoriet. På grunn av den store variasjonen i underlag og helning er det mulig å tenke seg at teknikk og efficiency kan bli påvirket ved skråhelning, slik at to-takts teknikk blir mer hensiktsmessig enn diagonalgang.

6.0 Konklusjon.

Denne studien viser at det ikke er noen forskjell i gross efficiency (GE) hjertefrekvens, laktat og RPE(borg), mellom to-takt og diagonal teknikk i randonee, ved gange på mølle uavhengig av hastighet eller stigningsprosent. Denne studien viser også at økende stigningsprosent gir en økning i gross efficiency (GE).

6.0 Etterord

Jeg vil gjerne takke mine veiledere Stig Leirdal og Roland van den Tilaar ved Nord universitet for hjelpen jeg har fått med denne oppgaven. Jeg retter også en stor takk til Ove Erik Tronvoll, som med stor interesse har vært med å hjelpe meg på labben, uten din innsats hadde dette ikke vært gjennomførbart. Jeg takker også alle de utøverne som frivillig stilte opp som forsøkspersoner.

Litteraturliste

- Ardigò, L., Saibene, F., & Minetti, A. (2003). The optimal locomotion on gradients: walking, running or cycling? *European journal of applied physiology*, 90(3-4), 365-371.
Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00421-003-0882-7>.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med sci sports exerc*, 14(5), 377-381.
- Carter, J., & Jeukendrup, A. E. (2002). Validity and reliability of three commercially available breath-by-breath respiratory systems. *European journal of applied physiology*, 86(5), 435-441.
- Di Prampero, P. (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *International journal of sports medicine*, 7(2), 55.
- Foss, Ø., & Hallen, J. (2005). Validity and stability of a computerized metabolic system with mixing chamber. *International journal of sports medicine*, 26(07), 569-575.
- Hughson, R. L. (2009). Oxygen uptake kinetics: historical perspective and future directions. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 34(5), 840-850.
- IMFS. (2017). Rules for organising international ski mountaineering competitions Retrieved from http://ismf-ski.org/www/sites/ismf-ski.org/www/files/2017_2018_ISMF_Rules_for_organising_international_ski_mountainneering_competitions_rev2017.10.17.pdf
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1991). Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. In: LWW.
- Millet, G. P., Tronche, C., Fuster, N., & Candau, R. (2002). Level ground and uphill cycling efficiency in seated and standing positions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(10), 1645-1652.
- Minetti, A. E., Moia, C., Roi, G. S., Susta, D., & Ferretti, G. (2002). Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *Journal of applied physiology*, 93(3), 1039-1046.
- Praz, C., Fasel, B., Vuistiner, P., Aminian, K., & Kayser, B. (2016a). Optimal slopes and speeds in uphill ski mountaineering: a field study. *European journal of applied physiology*, 116(10), 2017-2024.
- Praz, C., Fasel, B., Vuistiner, P., Aminian, K., & Kayser, B. (2016b). Optimal slopes and speeds in uphill ski mountaineering: a laboratory study. *European journal of applied physiology*, 116(5), 1011-1019.
- Praz, C., Léger, B., & Kayser, B. (2014). Energy expenditure of extreme competitive mountaineering skiing. *European journal of applied physiology*, 114(10), 2201-2211.
- Rietjens, G., Kuipers, H., Kester, A., & Keizer, H. (2001). Validation of a computerized metabolic measurement system (Oxycon-Pro®) during low and high intensity exercise. *International journal of sports medicine*, 22(04), 291-294.
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., & Holmberg, H.-C. (2012). The influence of incline and speed on work rate, gross efficiency and kinematics of roller ski skating. *European journal of applied physiology*, 112(8), 2829-2838.
- Stainsby, W. N., Gladden, L. B., Barclay, J. K., & Wilson, B. A. (1980). Exercise efficiency: validity of base-line subtractions. *Journal of Applied Physiology*, 48(3), 518-522.
- Tosi, P., Leonardi, A., & Schena, F. (2009). The energy cost of ski mountaineering: effects of speed and ankle loading. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(1), 25.
- Tosi, P., Leonardi, A., Zerbini, L., Rosponi, A., & Schena, F. (2010). Energy cost and efficiency of ski mountaineering. A laboratory study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50(4), 400.

Voutselas, V., Soulas, D., & Kritikos, A. (2005). Physiological Predictors of Performance in Mountaineering Ski. *Inquiries in Sport & Physical Education*, 3(3), 277-282.
Retrieved from <http://ezproxy.uin.no:2048/login>.

Vedlegg

Vedlegg 1: Tabell over RER verdier og mengde energi frigjort per liter oksygen.

RER	KJ/L O ₂
1.00	21,1307796
0.99	21,080538
0.98	21,0261096
0.97	20,975868
0.96	20,9256264
0.95	20,871198
0.94	20,8209564
0.93	20,7707148
0.92	20,7162864
0.91	20,6660448
0.90	20,6158032
0.89	20,5613748
0.88	20,5111332
0.87	20,4608916
0.86	20,41065
0.85	20,3562216
0.84	20,30598
0.83	20,2557384
0.82	20,20131
0.81	20,1510684
0.80	20,1008268
0.79	20,0463984
0.78	19,9961568
0.77	19,9459152
0.76	19,8914868
0.75	19,8412452
0.74	19,7910036
0.73	19,7365752
0.72	19,6863336